EXPERIMENTALUNTERSUCHUNG

UEBER DEN

MECHANISMUS DER ACCOMMODATION

VON

V. HENSEN UND **C. VOELCKERS,**

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE PROFESSOR DER OPHTHALMOLOGIE

AN DER UNIVERSITAET KIEL.

MIT ZWEI KUPFERTAFELN.

KIEL.

SCHWERS'SCHE BUCHHANDLUNG.

1868.

EXPERIMENTALUNTERSUCHUNG

UEBER DEN

MECHANISMUS DER ACCOMMODATION

VON

V. HENSEN UND **C. VOELCKERS,**

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE PROFESSOR DER OPHTHALMOLOGIE

AN DER UNIVERSITAET KIEL.

MIT ZWEI KUPFERTAFELN.

KIEL.

SCHWERS'SCHE BUCHHANDLUNG.

1868.

Inhaltsverzeichniss.

Vorwort ..... Seite V—VII
Einleitung ..... Seite 1
Topographie ..... „ 7
Operationsverfahren ..... „ 11
Beobachtungen an der Iris ..... „ 15
„ „ dem Musculus ciliaris ..... „ 24
„ „ der Linse ..... „ 29
„ „ den Ciliarfortsätzen ..... „ 37
„ „ der Zonula Zinnii ..... „ 38
Intraocularer Druck ..... „ 39
Gesammteffect der Accommodations-Verschiebung ..... „ 41
Theorie der Accommodation ..... „ 46
Irregulärer Linsen-Astigmatismus ..... „ 51
Frühere Untersuchungen ..... „ 55
Figuren-Erklärung ..... „ 58

Vorwort.

In vorliegender Untersuchung wird der geehrte Leser neben manchen Nachweisen über den Mechanismus der Accommodation, Unvollkommenheiten und Lücken in unserer Versuchsreihe nur zu deutlich erkennen. Wir selbst fühlen die Mängel unserer Arbeit scharf genug, glauben aber doch, dass ein Moment, welches geeignet ist, uns zu entlasten, durch den Entwickelungsgang und die Tendenz unserer Untersuchung gegeben ist, weshalb ein Wort davon zu sagen erlaubt sein möge.

Helmholtz hat am Menschen die Vorgänge der Accomodation soweit erforscht, wie es am lebenden und unverletzten Auge nur möglich scheint, und hat dann mit Hülfe der anatomischen Untersuchung eine Darstellung derselben gegeben, die, in voller Uebereinstimmung mit derzeitigen physiologischen Anschauungen, so logisch den Gesammtvorgang darlegt und zugleich so vollständig den beobachteten Einzelheiten

Rechnung trägt, dass sich die Mehrzahl der Fachgenossen seiner Anschauung zuwandte, Einwendungen und Umgestaltungen gegen dieselbe aber nicht zur Geltung gelangten.

Bei alledem blieb unter den Physiologen und nicht minder unter den Ophthalmologen eine gewisse Unsicherheit in den Vorstellungen über den Mechanismus der Accommodation bestehen; und unverkennbar mit Recht, weil es nemlich gar zu selten gelingt, die Vorgänge in der Natur ohne Abirrung zu erfassen, wenn, wie es hier der Fall war, durch eine Reihe von Schlussfolgerungen die directe Beobachtung ersetzt werden muss.

Diese Unsicherheit zu heben war unser nächster Zweck und wir glauben ihn in der Weise erreicht zu haben, dass ein Theil der bis dahin mangelnden Beobachtungen geliefert ward, während wir für das fehlende einen bis dahin nicht oder doch vergeblich versuchten Weg eröffnen.

Dass wir uns nun mit diesem Resultat begnügen und nicht die Untersuchung so allseitig ausführen, wie es wohl hätte geschehen können, liegt zum wesentlichsten Theil darin, dass bei der weiteren Verfolgung des Gegenstandes, die Methoden und das Interesse der Verfasser, entsprechend ihren verschiedenen Fächern, allzusehr sich gesondert haben würde. Wie wir die

Untersuchung gemeinschaftlich begonnen, wollten wir sie auch gemeinsam beschliessen. Auf diese Weise glauben wir auch am besten den Charakter, welchen wir unserem Schriftchen wünschen, zu wahren. Wir wollen nemlich damit dem Theoretiker wie dem Praktiker einen eingehenden, der Prüfung stets zugänglichen und geeignet formirten Nachweis über diejenigen Prozesse und Bedingungen geben, welche bei dem Vorgange der Accommodation, der so vielseitige Wichtigkeit erlangt hat, wirksam werden.

Kiel, November 1867.

Die Verfasser.

Einleitung.

Die Physiologie der Linsenbewegung muss den Nachweis verlangen, dass dieser Vorgang sich als Function aus einer Reihe von ihn erzeugenden Bedingungen ableiten lasse. Diese Aufgabe zu lösen ist, sei es bewusst oder unbewusst, das Ziel jeder Untersuchung über die Accomodation; man kann aber auf sehr verschiedenen Wegen die Lösung erstreben. Es ist geschehen durch anatomische und vergleichend anatomische Untersuchungen, durch künstliche Nachahmungen des Vorgangs, durch Messungen einzelner Leistungen und daran sich knüpfenden Calcül und endlich durch Prüfung der begleitenden Veränderungen einzelner Theile bei variablen Bedingungen; hierin ist dann wiederum ein grosser Spielraum für die Untersuchungen gegeben. Unser Weg war der letztere und ging specieller dahin, die Accommodation eines fremden Auges unserem Willen zu unterwerfen und nachdem die einzelnen Bedingungen auf denen der Prozess beruht, geprüft waren, daraus den Gesammtvorgang abzuleiten.

Mit diesem Versuch, der natürlich an Thieren an-

gestellt werden musste, kamen wir auf ein beinahe ganz unangebautes Feld, denn bisher hatte man sich fast ausschliesslich mit dem begnügt, was an dem intacten Auge, namentlich des Menschen, zu finden war. Was hier aber im Laufe der Zeiten und vor allem neuerdings gefunden ward, hatte uns den Weg vollständig geebnet. In der That kann die Arbeit, welche auf diesem Gebiete bisher ausgeführt ist, nicht hoch genug angeschlagen werden. Dies ergiebt sich freilich erst recht, wenn man selbst ein wenig in jenen Arbeiten*) sich umschaut. Man erlaube daher, eine gedrängte Vorführung der Entwickelung unserer Erkenntniss in diesem Gebiet.

Die alten Aerzte hegten die Ansicht, dass die Lichtperception in der Linse bewirkt werde. Natürlich musste dieser Glaube aufgegeben werden, sobald man die Vertheilung des Sehnerven und andererseits die optischen Eigenschaften von Glaslinsen besser erkannte; aber erst 1745 ward jene Idee definitiv durch die günstigen Erfolge der Linsenextraction vernichtet. Inzwischen hatte schon 1611 Kepler nicht nur die Wirksamkeit der Linse für die Entwerfung des Bildes auf die Netzhaut richtig erkannt, sondern bewies auch die Nothwendigkeit der Accommodation und schloss auf das Vorhandensein einer Linsenverschiebung. Hierin eilte er freilich seiner Zeit weit voran, wie denn überhaupt die Vortheile einer mathematischen Betrachtungsweise auf diesem Gebiet

*) Ein Verzeichniss derselben findet man in Haller, Elementa physiologiae, Tom. V. und Helmholtz, Physiologische Optik.

stets hervorgeleuchtet haben. Gestützt auf ungenaue Beobachtungen konnte man sich nicht entschliessen zuzugeben, dass das Auge stricte den optischen Gesetzen unterworfen sei, sondern hielt dasselbe für fähig, in Nähe und Ferne gleichzeitig scharf zu sehen. Mit einem Versuch, der 1850, 293 Jahre nach Keplers „Dioptrice" in diesem Sinne gemacht ward, dürfte auch diese Meinung ihren Abschluss gefunden haben. Am schlagendsten aber wird sie durch den Augenspiegel wiederlegt.

Inzwischen handelte es sich darum, nachzuweisen, durch welche Veränderungen denn die Accommodation bewirkt werde. Es wurden alle Möglichkeiten durchgeprüft.

Ein scharfes Bild in der Retina ist entweder durch Anpassung ihres Abstandes von der Linse oder durch eine Regulirung der Focaldistanz des brechenden Mediums zu erzielen.

Beide Möglichkeiten wurden geprüft, da man aber als eine bewegende Kraft nur die äusseren Augenmuskeln mit Sicherheit kannte, nahmen die meisten, wenn auch nicht die besseren Forscher an, dass allein oder neben anderen Veränderungen durch Verlängerung der Augenaxe unter Compression des Bulbus die Accomodation zu Stande komme. Jedoch die Demonstration dieser Annahme machte Schwierigkeiten, während Versuche von Th. Young 1801 sie wiederlegten. Bei einwärts gekehrtem Auge konnte dieser nemlich einen Schlüssel-Ring an den hintern Pol seines Auges derart anbringen, dass ihm eine Druckfigur in der macula lutea sichtbar ward. Wenn er alsdann auch noch an die Cornea

einen Ring drückte und nun für Nähe und Ferne accommodirte, so änderte sich die Druckfigur auf der Retina nicht, trotzdem, dass ihre Ausdehnung ein ziemlich empfindliches Reagenz für die Grösse des auf's Auge geübten Drucks ist. Es war also bewiesen, dass eine Verlängerung der Bulbusaxe für die Accommodation nicht in Betracht komme. Da die neueren Beobachtungen nun durchaus mit dieser Erfahrung harmoniren, dürfte definitiv die Annahme einer Betheiligung der äusseren Muskeln an der Accommodation verlassen sein. Dass dieselben bei extremer Anstrengung kleine Veränderungen in Form und Lage der Theile bewirken können, diese Möglichkeit bleibt allerdings noch bestehen, aber es ist nicht glaublich, dass solche Veränderungen für eine gute Accommodation in Betracht kommen.

In einem gewissen Zusammenhang mit obiger Ansicht stand die wohl vom Jahre 1740 datirende Angabe dass die Cornea sich beim Nahesehen wölbe. Diese Gestaltung würde allerdings eine erheblich stärkere Brechung des Lichts bewirken müssen. Wenn man jedoch die Wirkung der Cornea dadurch fast eliminirt, dass man sie unter Wasser taucht, so bleibt, wie Young nachgewiesen, die Accommodationsbreite völlig unvermindert bestehen. Schon dadurch ist bewiesen, dass die Cornea an der Accommodation keinen Antheil hat, ausserdem ergeben die späteren auf Tausendstel eines Millimeters genauen Messungen auch nicht den geringsten Anhalt für solche Hervorwölbung der menschlichen Cornea.

So behielten denn Diejenigen Recht, welche im

Innern des Auges die Bewegung suchten. Man kannte hier zunächst nur die Irisbewegung, da aber die Verengung der Pupille nicht, wie Haller es wollte, die Accommodationsbreite erklären konnte, gelangte man zu der unhaltbaren Hypothese, dass die Linse muskulös sei und so ihre Form zu ändern vermöge.

Ehe nun die Physiologen dazu gelangten, ihre Deductionen durch positive Befunde stützen zu können, kamen ihnen neue Entdeckungen zur Hülfe. Es ward durch Brücke, 1847, das Ligamentum ciliare als Muskel nachgewiesen und zugleich eine sorgfältigere Darstellung der Anatomie des Auges angebahnt. Ferner wurden 1823 durch Purkinje jene Reflexe in der Pupille demonstrirt, die, wie sich dann ergab, von den Linsenflächen herrühren. Max Langenbeck (1849) fand nun, dass die Reflexbilder sich bei der Accomodation verändern, und auf dies Verhalten gestützt, gelang es endlich, den messenden Methoden von Cramer und Helmholtz sichere Anhaltspunkte für den Mechanismus der Augeneinstellung zu gewinnen.

Es ward sichergestellt, dass beim Nahesehn die Linse vorne sich stark wölbe und vorrücke, hinten zwar auch gewölbt werde, aber den Platz kaum ändere, und dass alle dies erfolge bei Reizung des Bulbus*). Helmholz zog zur Erklärung die Elasticität der Linse herbei, deren Wirkung im ruhenden Auge durch Spannung der Zonula Zinnii gehemmt, bei der Accom-

*) Wir brauchen von jetzt an das Wort „Accommodation“ nur für die Einstellung zum Nahesehen.

modation aber durch deren Erschlaffung entfesselt werde. Dafür kam die Wirkung des Ciliarmuskels in Betracht, die früher schon Donders herbeizuziehen suchte. Jedoch herrschte darüber noch eine gewisse Unsicherheit; weit mehr aber noch über die Betheiligung der Iris. Durch die Beobachtung v. Graefe's an einem Menschen, der nach vollständiger Entfernung der Iris völlig normales Accommodationsvermögen behielt, erwies sich inzwischen, dass diese Membran mit der Linsenbewegung nichts zu schaffen hat.

Ueber manche Specialitäten werden wir nun noch näher zu sprechen haben, im Wesentlichen ist mit dem Gesagten die Basis gezeichnet, auf der wir standen.

Die Untersuchungen wurden ausschliesslich an Hunden gemacht, bei denen das Ganglion ciliare gut zu erreichen ist. Letztere Bedingung schien uns vor allem maassgebend zu sein, denn es ist nöthig, in Musse und ohne durch so bedrohliche Complicationen, wie sie die Reizung von der Schädelhöhle aus mit sich bringt, gestört zu sein, die Beobachtungen anzustellen.

Ehe wir nun zur Beschreibung des Verfahrens übergehen, wird eine kurze Darstellung der topographischen Verhältnisse gegeben werden müssen. Allerdings hat schon Budge*) eine Beschreibung der betreffenden Theile gegeben, jedoch behandelt er den Gegenstand mehr rein anatomisch, und seine Abbildung kann nicht genügen, weil die Theile dort Behufs der Präparation zu sehr isolirt und aus der Lage gekommen sind.

---

*) Bewegungen der Iris. 1855.

Topographie.

Es ist im Allgemeinen zu bemerken, dass nach den Erfahrungen an mindestens 40 Hunden gewöhnlichen Schlages das Ganglion bei Jagdhunden am leichtesten zu erreichen ist, während es bei Pudeln sehr tief liegt.

Unsere Fig. 1 giebt von einem jungen Hunde (Pintscher) die Lage der Theile nach beendeter Operation, doch ein wenig klarer präparirt; die Fig. 2 von demselben Thier das genauere Verhalten der Nerven.

Die Lage des Orbitalkegels wird bezeichnet durch eine gerade Linie, welche von dem unteren Orbitalrand aus bis zur vorderen Fläche des Kiefergelenks geführt wird, und durch eine zweite Gerade, welche von der oberen Kante des Proc. zygomaticus oss. frontis beginnend, gleichfalls am Kiefergelenk endet. Abgesehen von der so bezeichneten Fläche kommt noch das Feld, von dem der m. temporalis entspringt, für die Operation in Betracht. Dasselbe beginnt am Proc. zygomat. oss. frontis, erreicht in gestrecktem Bogen fast die Sagittalnath und läuft an dieser, die bei grösseren Hunden sich zu einer Crista entwickelt, bis zur Spina occipit. superior. Von dieser geht sie dann in gerader Linie abwärts bis zur Wurzel des Proc. zygomat. oss. tempor. Soweit reicht jedoch nicht das Operationsfeld, sondern das hintere Drittel fällt daraus fort.

Die Haut ist auf diesem somit begrenzten Felde überall verschiebbar, unter ihr liegt, oberhalb des Jochbogens, ein Hautmuskel, der Epicranius temporalis.

Nach Entfernung dieser Theile stösst man auf den Jochbogen, der zur Hälfte aus dem Jochfortsatz des Schläfenbeins, zur Hälfte aus dem Jochbein gebildet wird, und auf die fascia temporalis. Diese entspringt vom Jochbogen, überzieht den Muskel und setzt sich oben an die früher bezeichnete Grenzlinie desselben an. Nach vorne geht sie continuirlich in das Ligamentum orbitale Fig. 1 k. über, welches sich vom Frontalfortsatz des Jochbeins bis zum Jochfortsatz des Stirnbeins erstreckt. An der Grenze zwischen Fascie und Band tritt eine Arteria supraorbitalis, sowie ein Frontalnerv, aus dem ersten und zweiten Ast des Trigeminus stammend, hervor. Auf der Fascie läuft oberhalb des Jochbogens und schräg nach vorn ein stärkerer Ast des Facialis. Nimmt man den Jochbogen, an dessen Kante kleine Gefässe verlaufen, fort, so durchschneidet man Ursprungsfasern des hier untrennbar verwachsenen Masseter und Temporalis.

Der Temporalis entspringt im Planum semicirculare von einem leicht ablösbaren Periost, dass keine grösseren Gefässe führt. Die vordere Grenze des Ursprungs beginnt an der Concavität des Jochfortsatzes des Stirnbeins und geht schräg bis an die Fissura orbital. superior, Fig. 2 b., hinab. Er berührt mit seinem Fleisch unmittelbar den Orbitalkegel, liegt ihm aber nur lose an, so dass er sich glatt abheben lässt. Bei seinem Ansatz umgreift er den Processus coronoides und trennt denselben mit einer ziemlich dicken Muskellage vom Jochbogen. Der Kronfortsatz überragt mit seiner Spitze ein wenig die obere Kante des Jochbogens und be-

hindert daselbst die freie Ansicht des Orbitalkegels beträchtlich. Selbst das Aufsperren des Mauls kann ihn doch nicht beträchtlich hinwegziehen.

Wenn wir, entsprechend der oben bezeichneten unteren Grenzlinie der Orbita, horizontal durch den Schädel sägen wollten, würden wir den Kronfortsatz halbiren, würden dabei aber noch beträchtlich oberhalb des Foramen mandibulare bleiben. Nimmt man ihn also in der betreffenden Höhe fort und zugleich die dahinter befindlichen Ansatzfasern des Temporalis, so liegt, verhüllt von wenig Fett der Orbitalkegel vor. Unter ihm kann man ausserdem den mächtigen Pterygoideus internus wahrnehmen, Fig. 1 l. Der Augenkegel wird von einer Fascie umhüllt, in der die Thränen-Drüsen und Nerven, sowie ein starker N. frontalis verlaufen. Man kommt nicht so leicht ganz bis an die Spitze des Kegels heran, da diese sehr in die Tiefe geht; es wäre auch gefährlich, denn bei genauerer Präparation sieht man dort die grosse Vena ophthalmica interna durchschimmern. Schlägt man nun Ligamentum orbitale und Fascie zurück, Fig. 1 m., so liegt der Rectus externus und das Auge selbst frei vor.

Bei Drehung und Präparation des Bulbus sieht man den Levator palpebrae, Rectus superior, inferior und Obliquus inferior. Nach innen folgen die sehr verschieden stark entwickelten Stränge des Retractor, von denen einer häufig die beiden Aeste des Ganglion ciliare getrennt hält. Innen auf diesen Muskeln verlaufen namentlich hinten in der Orbita nicht unbedeutende Gefässe. Präparirt man weiter, so stösst man auf Fett,

das nicht reichlich hinter dem Bulbus liegt und auf ein trocknes, weitmaschiges Bindegewebe, welches den Opticus verhüllt. In diesem verlaufen zuweilen die Ciliarnerven bis nahe zum Bulbus. In der Regel liegt der Opticus umsponnen von starken Gefässen, die mit dem Ciliarnerven auf seiner dicken Scheide lagern, frei vor. Von den Nerven, welche aus der Fissura hervortreten, entzieht sich der Trochlearis dem Blick, da er sich gleich nach innen wendet. Der erste Ast des Trigeminus, Fig. 2 m., spaltet sich gleich nach seinem Austritt und giebt dort auf die obere Fläche des Levator palpebrae- den N. supraorbitalis l ab. Dann kommt der N. Ethmoidalis und Supratrochlearis n und die Ciliarnerven, meistens zwei, o, welche früher oder später sich in die Opticus-Scheide einbetten. Budge giebt, l. c. pg. 28, ein kleines Ganglion ciliare externum an, welchem eine Radix ciliaris longa entsprechen soll. Eine als solches deutbare Anschwellung findet sich nicht constant und dann sind keine Ganglienzellen darin, so dass die ganze Bildung als ein einfacher Faseraustausch mit dem Oculomotorius anzusehen ist. Ein solcher findet sich, wie auch die Reizung der abgeschnittenen Ciliaräste des letzteren beweist, zuweilen schon am Anfang, häufiger am Ende des Orbital Opticus. Neben den Ciliarnerven läuft noch ein sehr feiner Nervenstamm p, der in dieser Form nicht constant ist, wir hatten keine Gelegenheit ihn zu reizen, es könnte ein Sympaticus-Faden sein. Der Oculomotorius bildet q. einen verhältnissmässig dicken Stamm, sein oberer Ast r. für Levator und Rectus superior geht früh ab, dann verläuft er weiter an der äusseren Seite des Opticus und

giebt nun an der Grenze zwischen hinterem und mittlerem Drittel dieses Nerven seine Endäste.

Es sind Aeste vom Rectus internus s. zum R. inferior m. und ein langer Ast, der an dem äusseren Rande des R. inferior hinläuft und zum Obliquus inferior geht. An jener Theilungsstelle liegt das grosse Ganglion ciliare, welches zwei ganz kurze Wurzeln vom Stamme erhält. In unserem Fall geht ausnahmsweise die eine Wurzel vom Ramus recti interni ab. Von diesem Ganglion entspringen nun in der Regel zwei Ciliarnerven, ein dickerer oberer und ein dünnerer unterer, die in der Regel wiederum eine Strecke frei am Opticus hinlaufen, zuweilen aber früher, zuweilen später mit der Scheide enger verwachsen. In der Nähe des Opticuseintritts umspinnen sie diesen und treten dann seitlich von ihm durch die Sclera.

Operationsverfahren.

Bei den ersten Versuchen hatten wir die Resection des Unterkiefers vorgenommen, es ist jedoch der Zähne wegen oft sehr mühsam den Unterkiefer zu durchsägen, auch gewinnt man durch diese doch schon eingreifendere Operation verhältnissmässig wenig Raum, sodass wir dieselbe nicht anrathen können. Das Verfahren, welches wir jetzt einschlagen, genügt vollkommen und wenn man nicht nachträglich das abgeschnittene Ganglion im

Bindegewebe verliert, was uns in der That einmal und zwar auf der Naturforscherversammlung in Frankfurt begegnete, ist ein Missglücken der Operation nicht zu befürchten. Bei einer gewissen Uebung kann man, wie wir gleichfalls im genannten Ort am zweiten Auge zeigten, in weniger wie 10 Minuten mit dem Ganzen fertig sein.

Zunächst wurden die auf dem Rücken liegenden Hunde durch Injection von Morphium-Lösung, meist von der Vena jugularis externa aus, betäubt. Eine Störung der Accommodation durch das Gift ward nicht beobachtet. Zuweilen wurden die Hunde vortrefflich betäubt, mitunter aber gelang die Narkotisirung weniger vollständig.

Diese Verschiedenheit scheint sich durch folgende Beobachtung zu erklären. Wurden die Injectionen (2—3 Spritzen à $\frac{1}{2}$ gran Morph.) rasch hintereinander gemacht, so pflegten die Hunde nach einer kurzen, bei verschiedenen verschieden intensiven Aufregungsperiode vortrefflich zu schlafen, war aber die erste Injection unvollständig, oder ward die zweite oder folgende aus irgend einem Grunde verzögert, so blieb die Narkose schlecht und die neuen Injectionen anscheinend erfolglos.*)

Vom Rande der Orbita wird auf dem Jochbogen ein tiefer Schnitt bis zum Kiefergelenk hingeführt, der Knochen zu beiden Seiten von Fascie und Weichtheilen

---

*) Bekanntlich zeigen die Hunde als erste Wirkung des Morphiums Geschmacksbewegungen. Etwas Aehnliches sahen wir bei einigen Menschen nach subcutaner Injection, was erwähnt sein mag, weil es physiologisches Interesse gewinnen könnte.

getrennt und dann mit einer starken Knochenzange in beiden Enden der Wunde abgetrennt und herausgelöst.

Die Durchschneidung der Arteria temporalis superficialis kann man bei dieser Schnittführung vermeiden, wenn man nicht zu nahe an's Ohr herangeht. Man spaltet die Haut nach oben bis auf die Mitte des Kopfes, worauf nach Auseinanderlegung der Hautlappen die ganze Fläche des M. temporalis zu Tage liegt. Der Muskel wird nun an seinem Rande gelöst und sein vorderer Theil sorgfältig von dem ligamentösen Orbitalring getrennt; hierbei vermeidet man nicht immer die Art. supraorbitalis, deren Unterbindung mitunter nöthig wird.

Die nächste Aufgabe ist nun, den ganzen Temporalis-Ursprung möglichst weit abzutrennen. Es ist gerathen, bei diesem Act mehr mit dem Scalpelstiel als mit der Klinge zu arbeiten, weil so am besten Blutungen vermieden werden. Ein horizontaler Schnitt etwa 2 Ctm. unter der Spitze des Proc. coronoides trennt die auf ihm liegenden Muskelmassen. Hinter den Knochen schiebt man nun die eine Branche einer schmalen Zange und kneift ihn in der durch den Schnitt angegebenen Richtung durch, worauf der ganze Muskel mit dem anhängenden Knochensegment entfernt wird. Die Blutung ist bei diesem Act oftmals erheblich, jedoch wenn man nicht die Art. maxillaris interna verletzt hat, was uns vielleicht einmal passirte, operire man ruhig weiter bis zur Entfernung der Muskelmasse; die Blutung steht bald von selbst.

Die Fascie, welche den Kegel der Augenmuskeln

umgiebt, wird jetzt recht weit nach rückwärts rein präparirt. Hier ist die einzigste Stelle, welche ernsthafte Störung bereiten kann. Wenn man nemlich zu tief geht und namentlich wenn man mit scharfen Instrumenten operirt, verletzt man leicht den venösen Plexus maxillaris, dessen heftige Blutung durch andauernde Compression, aber wegen der örtlichen Schwierigkeiten nicht durch Unterbindung, gestillt werden kann.

Man geht nun auf den Bulbus-Ansatz des Musc. rect. exter ein, durchscheidet ihn und spaltet, indem man den Muskel abzieht, an seinem unteren Rande die Fascie.

Der Inhalt des Muskelkegels liegt nach diesen Vorbereitungen schön vor, und wenn man das Einfliessen von Blut vermeidet, ist es leicht, den zum Obliquus inferior verlaufenden Ast des Oculomotorius zu finden, da er am Rande des Rect. inferior gerade nach vorne verläuft. Man lässt jetzt den Opticus ein wenig nach Innen drängen und folgt dem genannten Nervenast, der sicher auf das Ganglion ciliare leitet. Dieses, das tief in der Spitze des Wundwinkels sich findet, wird nun so freigelegt, dass man die zum Opticus verlaufenden Ciliaräste erkennen kann. Alsdann schneidet man, an dem Obliquusast das Ganglion etwas hervorziehend, den Stamm des Oculomotorius dicht hinter dem Ganglion ab. Jetzt quillt Blut hervor, aber man kann doch mit leichter Mühe die zahlreichen Muskelnerven durchtrennen und präparirt alsdann noch die beiden Ciliarnerven vom Opticus eine Strecke weit los. Rathsam ist es, den durchschnittenen Obliquusast gleich mit einer Ligatur zu

befestigen, da die Wiederauffindung des Ganglion sonst Schwierigkeiten macht. Schon vor der Durchschneidung der Nerven bekommt man regelmässig eine Blutung aus einem Muskelast, die leider nicht vermeidlich scheint; sie stört die Operation etwas, kann jedoch ihre Vollendung nicht hindern.

Man legt nun den Bulbus frei, indem man den ligamentösen Orbitalring und den Augenliedwinkel durchschneidet. Von den Augenmuskeln sind jetzt noch nicht gelähmt Rectus superior, Levator und Trochlearis, die man tenotomiren muss, wenn das Auge ganz ruhig sein soll, doch kann man diese Operation meistens entbehren.

Beobachtungen.

Wir geben nun zunächst die Beobachtungen an den einzelnen Theilen des Auges, die dann später zu einem Gesammtbild zusammengefasst werden sollen.

1. Beobachtungen an der Iris.

Wenn das Ganglion abgetrennt ist, erscheint die Iris mittelweit und reagirt nicht mehr auf Lichtreiz.

Es interessirte nun zunächst, zu wissen, ob der Sympathicus durch das Ganglion verläuft.

Wir isolirten deshalb den Halssympaticus und es fand sich, dass auf seine Reizung die Iris sich ad maximum dilatirte und nach Entfernung der Electroden wieder zu Mittelweite zurückkehrte. Es muss also dieser Nerv

auf einem besonderen Wege und ohne das Ganglion zu durchsetzen, zur Iris gelangen. Um seine Bahn zu finden prüften wir jetzt die auf dem Opticus verlaufenden Nerven. Dieselben lagen in den zwei geprüften Fällen in dem Gewebe der Scheide und waren sehr fein, so dass ihre Präparation recht unbequem werden kann. Auf die Reizung dieser Nerven trat stets Erweiterung ein, bei einzelnen der Nerven sehr deutlich, bei anderen Stämmchen nur schwach. Wird der centrale Stumpf gereizt, so zeigten die Thiere Schmerz, weshalb wir schliessen dürfen, dass in diesen Fällen der Sympaticus gemischt mit den Trigeminusfasern verlief.

Bei Reizung der Ciliarnerven*) verengte sich die Iris rasch bis zum Durchmesser eines Stecknadelknopfes, bis zu vollständigem Verschluss kam es aber nicht. Dabei liess sich die schon so oft beschriebene Lageveränderung der Irisfläche, das Zurückweichen nemlich an der Peripherie mit gleichzeitiger Vorwölbung des Pupillarrandes vortrefflich nachweisen.

Es machte im Ganzen den Eindruck einer Wellenbewegung, doch gelang uns nicht zu entscheiden, ob das Wellenthal an der Peripherie oder der Wellenberg in der Mitte zuerst auftrat.

Wir prüften jetzt die Frage, welchen Unterschied es machen würde, wenn von den zwei oder drei Ciliarnerven nur der eine erregt werde, und erwarteten in der That auf diese Weise Irisbewegung und Action des

*) Wir verstehen darunter nur die Ciliarzweige des Ganglions, einen Unterschied in der Reizung, wenn sie allein oder das Ganglion mit gereizt ward, haben wir nicht bemerkt.

Ciliarmuskels trennen zu können. Das erwies sich als Irrthum, die Iris ward durch jeden der Nerven in Bewegung gebracht, aber es traten bei der gesonderten Reizung besondere Formveränderungen der Pupille ein. Die Pupille ward nemlich oval und zwar dadurch, dass ein Abschnitt der Iris sich wie gewöhnlich rasch und energisch verengte, während der andere langsam und unvollkommen sich der Mitte näherte. Das entgegengesetzte Verhalten der Iris trat ein, wenn man den andern Ast reizte. Waren drei Aeste da, so ward die Pupille bei Reizung des einzelnen eckig verzogen. Es laufen die Nerven am Bulbus in vier Hauptästen zum Ciliarkörper und man erkennt ihre Lage namentlich an den begleitenden Gefässen durch die Sclera hindurch. Hier präparirten wir nun die letztere ab, isolirten die freilich sehr zarten Nerven und reizten dieselben. Es liess sich vortrefflich beobachten, wie je der zugehörige Quadrant der Iris sich lebhaft contrahirte, während der übrige Theil derselben zurückblieb.

Die Pupille ward dadurch birnförmig und zwar entsprach die Spitze der Birne, welche näher am Centrum lag, dem contrahirten Theil der Iris und der Seite des Nerven.

Dass beim Menschen ein ähnliches Verhalten sich finde, beweist der folgende merkwürdige Fall, den der Eine von uns zu beobachten Gelegenheit fand.

Im verflossenen Winter stellte sich auf der Augenklinik ein junger Gymnasiast vor, der vor 2 Jahren beim Knabenspiel einen Stoss mit einem hölzernen Pfeil ins rechte Auge erhalten hatte. Heftige Entzündung

des Auges mit sehr erheblicher Herabsetzung des Sehvermögens war die unmittelbare Folge, doch während einer längeren sorgsamen Behandlung liessen die entzündlichen Erscheinungen nach und besserte sich das Sehvermögen derartig, dass es nach Correction einer leichten Myopie eine Sehschärfe von $\frac{1}{4}$ erhielt, die sich auch bis jetzt erhalten hatte. Da auf dem andern Auge ebenfalls Myopie bestand, so wünschte er für den Gebrauch f. d. Ferne eine passende Lorgnette und dies war der Grund, weshalb er uns aufsuchte.

Ich fand nun auf dem rechten, früher verletzten, Auge ein eigenthümliches Verhalten der Pupille; sie zeigte gerade nach Aussen einen zitzenförmigen Ausschnitt, der ihr die Form einer querliegenden, mit der Spitze nach Aussen sehenden Birne gab. Der Pupillarrand war überall gleichmässig scharf contourirt. Die Pupille reagirte gut, doch nicht gleichmässig, wenn man sie nämlich beschattete, so erweiterte sie sich bis auf den Einschnitt, wodurch dann die Form fast rund wurde, liess man dann wieder Licht einfallen, so trat die abnorme Form der Pupille um so lebhafter wieder hervor.

Nach Einträufelung von Atropin trat eine gleichmässige Maximaldilatation ein.

Der Grund für dieses sonderbare Verhalten fand sich sofort, wenn man den Knaben stark nach Innen sehen liess. Etwa auf dem Aequator des Bulbus, gerade am oberen Rande des muscul. rect. extern. sah man einen kleinen 1—$1\frac{1}{2}$ Linien langen, gestielten Tumor, dessen Basis an der Sclera festsass, der Tumor war von vollkommen normaler, blasser Conjunctiva überzogen, man

konnte ihn ohne sonderliche Unbequemlichkeiten für den Patienten betasten, er fühlte sich hart an und hatte offenbar einen der Länge nach scharfen Rand. Es liegt auf der Hand, dass wir hier einen eingeheilten Holzsplitter vor uns haben, welcher wahrscheinlich in dem Moment, als der Bulbus vom Holzpfeil getroffen, eingebuchtet wurde, abbrach und unter die Conjunctiva schlüpfte; so erklärt sich auch, dass bei der Ocularinspection dem behandelnden Arzte das corp. alien entging.

Zweifelsohne hat nun der Fremdkörper den Ciliarnerven, der den äusseren Quadranten der Iris innervirt, durchtrennt, daher die partielle Lähmung und Erweiterung der Iris, zugleich ist durch die Einheilung die Wiederaufnahme der Function des Nerven verhindert.

Es sei hier noch kurz erwähnt, dass unser Patient zugleich auf diesem Auge einen geringen Grad von Astigmatismus zeigte, er sah einen kleinen Kreis, der ihm mit dem gesunden Auge rund erschien, oval, ebenso Striche in der einen Richtung scharf, während die rechtwinklig daraufstehenden undeutlich gesehen wurden, wahrscheinlich muss man dieses Verhalten auf Linsenastigmatismus, bewirkt durch partielle Lähmung der muscul. ciliar., zurückführen. Wir müssen gestehen, dass der strenge Beweis für diese Erklärung erst durch Ausschluss anderer Ursachen für den Astigmatismus hätte geführt werden müssen, es war aber leider unmöglich, weitere Untersuchungen anzustellen, da es unserm Patienten, der sich auf der Durchreise befand, dazu an Zeit fehlte. Das Zusammentreffen ist aber so auffallend,

dass wohl an der Richtigkeit unserer Vermuthung nicht zu zweifeln ist.

Wir beobachteten nun ferner beim Hunde, dass nach Abtrennung des Ganglions die Atropinwirkung mit unveränderter Stärke eintrat; danach aber reagirte Iris und Accommodationsapparat überhaupt nicht mehr auf die Reizung.

Bekannt ist, dass durch Ausfliessen des Kammerwassers sofort Verengung der Pupille bewirkt wird. Diese ist unabhängig davon, ob die Ciliarnerven durchschnitten sind oder nicht. Die Verengerung erfolgt auch, wenn man durch eine eingestossene Pravadt'sche Spritze das Kammerwasser einsaugt. Füllt man nun die Kammer wieder oder spritzt man gar einen Uebersehuss hinein, so erfolgt eine Erweiterung bei jedem Stempelstoss, jedoch gelingt es nicht, bedeutende Grade der Erweiterung auf diesem Wege zu erzielen.

Nach Wegnahme der Cornea und Abfluss des Kammerwassers reagirt die Iris kaum mehr auf locale Reize, nicht mehr auf Reizung der Nerven. Wenn man jedoch wieder etwas Flüssigkeit auf die Iris giesst, zeigt sie von Neuem Bewegungsfähigkeit. Wahrscheinlich saugt sie sich nach Abfluss des Kammerwassers mit dem Pupillarsaume an die Linsenfläche an, wodurch sich die eintretende Unbeweglichkeit erklärt.

Um uns über die Frage nach der hinteren Augenkammer aufzuklären, ward die Fläche der Iris über den Ciliarfortsätzen mit zwei Pincetten gefasst, ein wenig abgehoben, und ohne den Pupillarrand dabei zu verziehen, zerrissen. Alsdann quoll constant eine die Iris

überschwemmende, klare (die Blutgefässe waren durch die Pincette geschlossen) Flüssigkeit hervor. Diese kann nach der Art der Operation nur aus der hinteren Augenkammer stammen, deren Vorhandensein demnach bewiesen sein dürfte.

Helmholz*) hat allerdings bewiesen, dass der Irisrand der Linse dicht anliegt, aber es ist leicht einzusehen, dass sein Beweis die Frage, ob hinter der Irisfläche noch Flüssigkeit vorhanden sei, gar nicht berührt; wie denn auch Budge's (l. c. Pg. 5—10) Beweisgründe für die hintere Kammer nicht widerlegt worden sind.

Schliesslich möge noch eine kleine Beobachtung über die Bewegung der menschlichen Iris hier Platz finden. Es ist von Himly**) angegeben, dass die Iris „durch das plötzliche Eindringen neuen Lichts in eine wahre oscillatorische Bewegung, in einen öfteren Wechsel von Systole und Diostole gerathe, die gleich den Schwingungen des Pendels nach und nach immer schwächer werden. In geringerem Grade verhalte sich die Regenbogenhaut hier ebenso wie das Herz. Die Verengerung der Pupille bewirke immer eine kleine Beschattung der Netzhaut, wodurch Erweiterung entstehe und so wie hierdurch wieder mehr Lichtstrahlen freien Eingang in's Auge bekämen, sei auch die Reizung wieder verstärkt.“ Ruete***) bemerkt, dass auch bei cataractösen Augen dies Spiel sich beobachten lasse, für diesen Fall genügt wohl Himly's Erklärung nicht.

---

*) Physiolog. Optik. Pg. 15 und 18.

**) Ophthalmologische Beobachtungen, Pg. 47, citirt nach Budge, Pg. 169.

***) Ophthalmologie, 1. Aufl. Pg. 60., 2. Aufl. Pg. 44.

Budge (l. c.) endlich fügt hinzu „ob diese Irisbewegungen mit denen des Herzens zu vergleichen sind, ob sie, was wahrscheinlicher ist, nur eine Mitbewegung mit dem Vorschieben der membrana nictitans auch beim Menschen ausdrücken, darüber will ich mich nicht aussprechen.“

Mehr scheint über den Gegenstand nicht vorhanden. Es lassen sich nun aber neben kleinen, durch den Sphincter bedingten Schwankungen noch Puls und Respirationsbewegungen am Pupillarrand beobachten. Es verdienen dieselben unzweifelhaft Beachtung und doch sind sie, wie es scheint, bisher den Beobachtern entgangen.

Wenn man die Iris im entoptischen Bilde beachtet, wenn man also z. B. auf dem Sopha liegend, mit kurzsichtigem oder kurzsichtig gemachtem Auge eine entfernte, ruhig brennende und als runde Feuerscheibe sich darstellende Kerzenflamme eine Zeit lang betrachtet, sieht man Folgendes: Hebt man die Hand vom vorher verdeckten Auge, so gewahrt man so eben noch die starke Contractionsbewegung der Iris. Die Pupille ist jetzt eng und zeigt keine Bewegung. Wenn sie sich nun aber erweitert und etwa 3—4 Mm. Durchmesser erlangt, dann machen sich die in Rede stehenden Erscheinungen geltend.

Die Iris spielt nemlich in rhytmischen Bewegungen, und zwar ist der Rhytmus der des Herzens, aber er ist gegen den Radialpuls verspätet. Die einzelnen Bewegungen sind träger als jene erste Iriscontraction, dabei an Grösse sehr verschieden. Die kleinsten Bewegungs-

stösse bringen, nach Messungen an einem vorgehaltenen Gitter, nur eine Verschiebung von 1/10 Mm. und bestehen aus einer rascheren Verengung und langsameren Zurückweichen der Pupille. Dieselben folgen jedem Pulsstoss und dürften nur durch die entsprechende Füllung der Irisgefässe zu erklären sein. Die Respirationsbewegungen sind grösser bis 0,5 Mm., aber sie machen sich nicht immer deutlich geltend. Man hat es jedoch in der Macht, durch etwas energische Athmung die Bewegung hervorzubringen und kann sich so von der Wirksamkeit der Respiration auf die Iris überzeugen. Die Bewegungen entsprechen nicht der Pulscurve des Manometers, sondern nur dessen Bergspitze und tiefstem Abfall. Im Anfang der Expiration tritt eine Verengerung, im Anfang der Inspiration eine Erweiterung ein.*) Nebenher wirkt noch entschieden die Irismuskulatur mit, aber wenig energisch und merkwürdigerweise fast stets im Rhytmus des Pulses. Es macht den Eindruck, als wenn auch die Muskulatur direct durch die an die Pulsation sich knüpfenden Vorgänge angeregt würde.

Dass bei starker Contraction der Iris sich nicht jene Bewegungen zeigen, erklärt sich aus der Spannung des Sphincter und aus der Streckung der Gefässe. Andere Einwände dürften am besten durch die Selbstbeobachtung sich widerlegen.

Wenn nun wirklich der Blutandrang eine Verengerung der Pupille bewirken kann, liegt es nahe, die

*) Es wäre für die Füllung und Entleerung der Capillaren wichtig, wenn die Respiration auch auf die kleinsten Venen Einfluss hätte, doch ist dies wohl unwahrscheinlich und jedenfalls schwer zu beweisen.

Bewegung der Iris beim Abziehen und Einpressen des Kammerwassers auf dies Moment zu beziehen. Offenbar muss der Blutandrang beträchtlich steigen, wenn der Druck in der Kammer plötzlich um 40 Ctm. Wasserhöhe fällt. Da diese Irisveränderungen sich selbst nach durchschnittenem Oculomotorius und atropinisirtem Auge machen, ist wenigstens eine andere Weise der Erklärung nicht ersichtlich.

Musculus ciliaris.

Um diesen Muskel zu beobachten, ward es nöthig, ihn von aussen frei zu legen. Man reinigt zu dem Zweck die Oberfläche der Sclera und schneidet jetzt ein Fenster in dieselbe; dabei dient am besten folgendes Verfahren: Man orientirt sich über den Verlauf des Ciliarnerven und umgrenzt sich, seitlich von diesem und über dem Ciliarkörper ein Rechteck in der Sclera. Man schneidet nun mit seichten Zügen an der hinteren Ecke die Sclera durch und kann von hieraus mit Leichtigkeit, indem man den gelösten Zipfel mit der Pincette hebt, den Scleralappen bilden. Die sehr profuse Blutung darf die Operation nicht hemmen, später stillt man sie einfach durch Compression. Der Scleralappen wird bis an die Cornea abgetragen; man kann sogar noch bis in dieselbe dringen, ohne die vordere Kammer zu eröffnen, da die Membr. Descemetii sitzen bleibt.

Es liegt nun der Muskel als grauweisse Masse

deutlich vor. Wenn jetzt die Ciliarnerven gereizt werden, so sinkt er ein, während gleichzeitig der freigelegte Theil der Chorioidea sich vorwölbte. Eine Verkürzung des Muskels liess sich nicht deutlich wahrnehmen, wahrscheinlich, weil seine Enden zu wenig markirt sind. Wir suchten demnach auf experimentellem Wege seine Ansätze zu finden. Wenn man das Auge spaltete, zeigte sich, dass bei der Reizung die Cornealschnittfläche nach innen gebuchtet ward. Trug man am sonst unverletzten Auge die Cornea bis auf einen 2 Mm. breiten peripheren Saum ab, so ward dieser bei der Contraction des Muskels stark nach innen gezogen. Trennte man ein kleines Stückchen der Cornea so heraus, dass es nur noch durch das Lig. pectinatum mit dem Muskel in Zusammenhang blieb, so vermochte der Muskel dies Stück ganz zu sich heranzuziehen. Es erweist sich deshalb die Cornea functionell als vorderer Ansatz des Ciliarmuskels.

Merkwürdiger Weise gelang es uns längere Zeit nicht, den hinteren Ansatzpunkt nachzuweisen und doch ist nichts leichter als dies. Erst als wir einen Bulbus vollständig halbirt hatten, beobachteten wir, wie bei Reizung der Glaskörper in seinem der Linse näheren Abschnitt vorgewölbt wurde, während er in der Peripherie an der Sclera sich senkte. Dies konnte nur durch eine Bewegung der Chorioidea nach vorne erklärt werden.

Wir gingen nun von Neuem auf die Versuchsmethode, ein Fenster aus der Sclera zu schneiden, die bis dahin kein Resultat gegeben hatte, zurück, und fanden nun eine deutliche Verschiebung der Chorioidea nach vorne. Wir sahen diese Verschiebung jetzt mit

Leichtigkeit und constant (an mindestens 10 Hunden), müssen aber bemerken, dass wegen der Pigmentirung und wegen gleichzeitigen Hervorwölbens der Membran Ungeübtere die Sache leicht übersehen können. Wenn man den Cornealrand des Fensters beobachtet, sieht man, wie hier die Chorioidea bei der Accommodation sich unter ihn hinzieht, während gleichzeitig in ihr sich eine gewisse wogende Bewegung zeigt, wie wenn auch in ihr selber organische Muskeln thätig wären.

Es könnte nun fraglich sein, ob nicht diese Erscheinung lediglich durch Abtrennung der Sclera bedingt sei oder doch bei intactem Bulbus fehle. Dieser Einwurf lässt sich leicht beseitigen. Wenn man nemlich in den unverletzten Bulbus eine feine Nadel*) durch die Sclera in die Chorioidea bohrt, so bewegt sich das freie Ende derselben bei jeder Accommodation lebhaft nach hinten. Folglich, da die Durchbohrungsstelle in der Sclera unverrückt bleibt, wird die Spitze der Nadel durch die Chorioidea nach vorne gezogen.

Schöner noch fällt der Versuch aus, wenn man eine zweite Nadel auf den Ciliarmuskel einstösst, diese letztere bleibt nämlich ruhig, während die erstere sich von ihr entfernt und beim Nachlass der Reizung rascher sich ihr wieder nähert. Es bewegt sich die Chorioidea vom Opticus aus allseitig der Pupille zu, wenn man jedoch die einzelnen Ciliaräste reizt, zeigt sich das Verhalten ähnlich wie bei der Iris: es bewegt sich nur eine entsprechende Portion der Aderhaut.

---

*) Feinste Perlnadeln sind ausschliesslich für alle derartigen Versuche tauglich.

Die Verschiebung der Choreoidea beträgt am Aequator circa $\frac{1}{2}$ Mm., weiter nach dem Opticus zu nimmt sie an Grösse ab.

Dass die Retina alle diese Bewegungen mitmacht, erkennt man leicht, wenn man durch ein die Bulbuswand perforirendes Fenster auf die gegenüberliegende Augenwand sieht und die Retinagefässe beachtet. Darauf hatte Czermak in seiner Untersuchung „über das Accommodationsphosphen“*) schon richtig und scharfsinnig geschlossen. Er sagt: „Für's Nahesehen wird, namentlich durch die Wirkung des Tensor chorioideae (Brücke) die Zonula abgespannt, indem die Aderhaut sammt der anliegenden Retina (bis hinter deren ora serrata die Fasern der Zonula zu verfolgen sind) etwas nach vorn gezogen wird. Die Linse nimmt dann, ledig des abplattenden Druckes der Blätter der Zonula die convexere und dickere Gestalt an, welche der natürlichen Gleichgewichtsform der elastischen Linsensubstanz entspricht.

Hört nun plötzlich die Wirkung des Tensor etc. auf, so kehren alle für die positive Einrichtung verschobenen Theile in ihre frühere Lage zurück.

Indem nun die Retina plötzlich ihren alten Lagerungsverhältnissen zustrebt, die Zonula sich wieder anspannt — die bedeutende Convexität und Dicke der Linse aber dem abplattenden Drucke der gespannten Zonulablätter etwas träge weichen, so erfolgt nothwendig eine locale (anfänglich am stärksten hervortretende) Zerrung der Retina an jener nahe hinter der ora serrata

*) Moleschott, Untersuchungen. Bd. V. und Wiener Sitzungsber. 1857.

gelegenen ringförmigen Zone, bis zu welcher sich die Fasern der Zonula verfolgen lassen, — und es muss das beschriebene Phosphen mit allen Einzelheiten seiner Erscheinung hervortreten."

Für die Praxis ist diese Beobachtung der Retinal- und Chorioideal-Locomotion, die bei den kleinen Verhältnissen, um die es sich hier handelt, keinesweges unbedeutend erscheinen, gewiss der Beachtung werth und wie uns scheint, sind die Folgen, welche man für die Erklärung mancher pathologischer Processe daraus gewinnt, noch nicht abzusehen. Es liegt auf der Hand, dass bei Krankheiten der Netzhaut und Chorioidea diese Bewegung nicht gleichgültig bleiben kann und es fragt sich, ob die günstige Wirkung des Atropins bei Entzündung der inneren Augenhäute sich nicht ebenso sehr durch Lähmung der Accommodation, also Immobilisirung der Chorioidea erklären lässt, als durch Herabsetzung des intraocularen Drucks, wie man die Sache gewöhnlich auffasst.

Vor allen Dingen scheint uns aber diese Beobachtung geeignet zu sein, für die Lehre von der Myopie verwerthet zu werden. Es lässt sich nicht leugnen, dass die bisherige Erklärung, weshalb Accommodationsanstrengungen bei der Sclerotico-chorioiditis posterior so schädlich sind, etwas Gezwungenes, wenigstens für uns nicht ganz Befriedigendes haben, so aber, bei Berücksichtigung der oben erwähnten Verhältnisse, scheint es uns völlig klar, dass anhaltendes Arbeiten in der Nähe und Tragen neutralisirender Concavgläser so oft nicht vertragen wird. Die Zerrung, welche die Chorioidea,

die im verlängerten Auge schon ohnehin beträchtlich ist, erleidet, muss sich am hinteren Ansatz in der Gegend der Papilla nerv. opt. zumeist geltend machen; ebenso glauben wir auch die Schmerzen, die in solchen Fällen oft am hintern Augapfelabschnitt empfunden werden, erklären zu müssen, wenn wir bedenken, dass die Nerven hier eine gleiche Dehnung mit der Chorioidea erleiden. Es liegt nahe, die Abhülfe für diese Leiden im Atropin durch Immobilisirung der innern Häute zu suchen.

Wir haben dies in unserer Arbeit nur andeuten, aber nicht näher ausführen wollen, um die Grenzen derselben nicht zu überschreiten.

Die Linse.

Ueber die Bewegung der Linse orientirt man sich vorerst am leichtesten am unverletzten Auge. Schon Helmholtz hat darauf aufmerksam gemacht, dass man bei genauer Seitenansicht im Auge des Menschen die Contouren der Linse wahrnehme; leichter noch ist dies beim Hunde, namentlich unter so günstigen Bedingungen, wie sie das Auge nach vollendeter Operation darbietet. Man sieht hier nach Entfernung der Nickhaut die Linse in der Seitenansicht als opalescirendes Kugelsegment aus der Pupille sich hervorwölben. Von der objectiven Richtigkeit des gesehenen Bildes überzeugt man sich leicht, wenn man eine feine Nadel oder Borste in die Kammer führt und damit die vordere Fläche der Linse

berührt. Die Borste wird mit Hülfe einer scharfen Kanüle, die oben eine Stopfbüchse trägt, eingebracht. Man überzeugt sich dann sicher genug durch Berührung der Linsenfläche, dass man ihre Lage richtig erkannt hat. Tetanisirt man nun das Ganglion ciliare, so sieht man, wenn der Contour der Linse fest fixirt wird, wie derselbe sich nach vorn bewegt und convexer wird. Erschwert wird diese Beobachtung durch die gleichzeitig erfolgende Verengung der Iris, doch kann man das Bild auch durch die Bewegung der Borste controlliren. Schöner ist die Beobachtung, wenn die Linse aus der Accommodation in die Ruhelage zurück geht. Es zeigt sich nemlich, dass diese Bewegung stets rascher und markirter ist, wie der Uebergang in den Accommodationszustand; Aehnliches war schon von der Chorioidea zu bemerken. Der Nerv arbeitet übrigens so dauerhaft und sicher, dass mit einigen vergeblichen Beobachtungen nichts verloren ist.

Diese Bewegungen traten in derselben Weise auf, wenn vorher iridectomirt war. Bei normalen Augen geben die Spiegelbilder kein Resultat, weil die Pupille zu eng wird, wie auch schon Trautvetter*) angiebt, bei der Iridectomie trübte sich in unseren allerdings nicht zahlreichen Versuchen die Cornea, so dass wir mit dieser Methode nicht weiter Versuche gemacht haben.

Wir gingen jetzt genauer auf die Details der Linsenbewegung ein, indem wir die Hornhaut entfernten und dabei fanden wir, dass durch diese Operation die Be-

*) Gräfe's Archiv, Bd. 12, Pg. 95.

wegung der Linse nicht in demselben Maasse wie die der Iris aufgehoben wird. Die Vorgänge waren unzweifelhaft bedeutend geschwächt, waren jedoch sowohl durch die einfache Betrachtung wie durch die Veränderung der Spiegelbilder deutlich nachweisbar.

Wir müssen bemerken, dass bei diesen Versuchen stets ein etwa 1 Millm. breiter Rand der Cornea stehen blieb. Die veränderte Wirksamkeit des Accommodationsvorgangs unter diesen Verhältnissen erklären wir so: Der ganze Bulbus sinkt etwas zusammen, das Linsensystem kann nach vorne ausweichen und die Elasticität der Linse wird zum Theil frei durch Abflachung der Wölbung des Ciliarapparates. Bei der veränderten Richtung der Zonula kann wohl auch diese nicht mehr gehörig erschlafft werden und das alles sind Momente genug, um die Abnahme der Accommodationsleistung zu erklären.

Jetzt gingen wir an die Entfernung der ganzen Iris, wobei es mitunter nöthig ward, spritzende Arterien zu unterbinden. Auch dann sah man noch deutlich die Formveränderungen der Linse, die eine Abnahme nach dieser Operation nicht wahrnehmen liess. Wir dürfen auf Grund unserer Experimente auch für den Hund die Ueberzeugung aussprechen, dass die Iris zur Linsenveränderung nicht mitwirke.

Die Veränderungen des Linsenrandes haben wir nach dieser Operation nicht genügend zur Anschauung bringen können, da die vorspringenden Processus ciliares und die so kräftige Lichtabsorbtion des Pigments die Beobachtung zu sehr erschwerte, vielleicht auch, weil die Verhältnisse zu abnorm waren.

Nach Entfernung der Linse wölbt sich der Glaskörper convexer vor, lässt man jetzt den Accommodationsapparat spielen, so sieht man, wie die tellerförmige Grube sich stark vorwölbt und beim Aufhören der Reizung rasch zurückgeht. Der Versuch ist besonders elegant. Das Auftreten dieser Erscheinung kann durchaus nicht befremden, wenn man bedenkt, dass der Glaskörper bei der jedesmaligen Reizung der Nerven durch das Vorrücken der Chorioidea unter höhern Druck kommt, während gleichzeitg die Circumferenz des Bulbus eingezogen wird.

Namentlich wichtig war es für uns, die hintere Fläche der Linse und ihre Veränderungen zu beobachten. Wir schneiden wiederum ein Fenster in die Sclera und nehmen alsdann die Chorioidea und Retina sorgfältig fort. Es quillt nun der Glaskörper, einerlei ob er verletzt ward oder nicht, hevor und hindert durch seine convexe Oberfläche die scharfe Beobachtung des inneren Auges. Ein aufgedrücktes Deckgläschen überwindet diese Schwierigkeit und hindert den weiteren Vorfall des Glaskörpers. Nun sieht man vortrefflich das Innere des Auges. Man sieht die Gefässe der Retina, die Corona ciliaris der gegenüberliegenden Seite und endlich die gesammte regelmässig gekrümmte Hinterfläche der Linse. Bei der Reizung verändert sich das Bild sehr zum Nachtheil; nemlich durch die Pupillenverengerung tritt bald eine derartige Verdunkelung des inneren Auges ein, dass man zuletzt nur noch scharf den mittleren Theil der Linse erkennen kann. Immerhin gelingt es, die Formveränderung der Linsenfläche genügend klar zu

beobachten, man erkennt, dass sich ihre Wölbung vermehrt und dass die Hinterfläche etwas in den Glaskörper zurückgeht. Wir beobachteten möglichst genau die Formveränderung, welche die Krümmung zeigt, schon darum weil Donders*) betont, dass man durchaus noch nicht wissen könne, in welcher Weise die Formveränderung des Linsenrandes sich gestalte. Wir sehen, dass die hintere Linsenfläche eine regelmässige Krümmung beibehält, wenn sie sich nach hinten vorwölbt und haben diese Beobachtung, namentlich wenn wir directes Sonnenlicht durch das Sclerafenster in's Auge leiteten, erhärten können. Leider müssen wir aber gestehen, dass wir über den Rand selbst auf diese Weise kein genügend sicheres Urtheil erwerben konnten. Wir hatten mit einigen zum Zweck dieser Beobachtung iridectomirten Thieren das Unglück, dass die Cornea sich trübte oder dass dieselben vor vollendeter Heilung zu Grunde gingen.

Es ist bekannt, dass von mehreren Ophthalmologen der Rand der Linse im menschlichen Auge, während der Accommodation beobachtet worden ist. Sie konnten kaum eine Veränderung, höchstens ein Dickerwerden des Randcontours wahrnehmen. Auch von uns ward ein entsprechender Fall bei einem intelligenten Mädchen, an welchem eine sehr breite Iridectomie gemacht worden war, beobachtet. Die Linsenvorwölbung war deutlich zu erkennen, die Proc. ciliaris standen dabei aber absolut still, der Bogen des Linsenrandes schien etwas kleiner zu werden, aber dies war doch

*) Anomalien d. Refraction. Pg. 24.

nicht recht deutlich. Uebrigens war das Auge auch nicht ganz normal, es bestanden hintere Synechien.

Derartige Beobachtungen scheinen uns nun überhaupt nicht recht beweisend. Wenn man sich am ausgeschnittenen und entsprechend zubereiteten frischen Auge über den Linsenrand orientiren will, so ergiebt sich, dass, man könnte sagen, der Linsenrand nicht eigentlich gesehen, sondern nur erschlossen wird und zwar aus der Lichtreflection der Randschicht. Es werden die Lichtstrahlen von den am Rande laufenden Linsenlamellen reflectirt, und dahin, wo die Reflection aufhört, verlegen wir den Linsenrand. Nach dem Aussehen des Randes erscheint es fast, als wenn eine gewisse Dicke der Linsenlamellen dazu gehörte, um die Reflection der am Rande verlaufenden Strahlen wahrnehmbar zu machen, weil man den Rand, so lange die Linse im frischen Auge ist, selbst unter den günstigsten Umständen nie haarscharf sieht. Störend ist aber namentlich, dass durch die Verschiebung des beobachtenden Auges sich auch der Ort des scheinbaren Linsenrandes ändert, weil die Masse der reflectirten Strahlen jetzt von einem anderen Punkte herkommt.

Bedenkt man nun noch, dass bei Verschiebung des Linsenrandes nach vorne auch die Vergrösserung durch die Cornea ein wenig wächst, so glaube ich, sind wir im Recht, wenn wir derartigen Beobachtungen, wie sie oben erwähnt wurden, eine grosse Beweiskraft nicht zugestehen können.

Wir mussten bei unseren Beobachtungen am Hunde erwägen, dass wegen der Lücke des Bulbus das Auge

nicht mehr als ein ganz normales zu betrachten war. Um einen Einwand, den der Leser darin finden könnte, zu begegnen, stellten wir eine andre Versuchsweise an. Wir führten nemlich am unverletzten Auge, dicht hinter dem Ciliarkörper eine Karlsbader Nadel durch die Sclera in den Glaskörper. Die Spitze derselben liess sich von vorn genau beobachten und ebenso liess sich an der Bewegung der Linse erkennen, wann die Nadel die hintere Fläche derselben berührte. Nachdem die Nadel mit der Fläche an die Linse gelegt war, ward dieselbe ein wenig um ihre Axe gedreht, so dass nur die eine Schneide die Kapsel berührte. Wir sahen dann bei der Accommodation die Nadel sich um ihre Axe drehen und ihre Fläche dem Beobachter voll darbieten, ja sie nahm sogar beim Nachlass ihre schräge Stellung wieder ein. Die Drehung der Platte entsprach etwa einer Linsenverschiebung von $\frac{1}{5}$ Mm.

Da wir in unserer vorläufigen Mittheilung davon gesprochen haben, so sei auch noch erwähnt, dass man zu ganz demselben Resultat kommt, wenn durch eine feine Scleraöffnung ein Glasfaden an die Hinterfläche der Linse gelehnt wird.

Die Ausschläge seines frei hervorragenden Endes zeigen an, dass eine Verschiebung der Linse nach hinten statt hat.

Auch über die Bewegung des Randes geben die Versuche mit Nadeln einigen Aufschluss. Es ist dabei nöthig, vorher einen kleinen Kreuzschnitt in die Sclera an der Stelle, wo die Nadel eingeführt werden soll, zu machen, weil die feine Führung der Nadel sonst zu

schwierig ist. Auch muss man schräg von hinten her einstossen, um den Irisrand zu vermeiden.

Pflanzt man verschiedene Nadeln nebeneinander in die Linse ein, so sieht man, je nachdem sie in der vorderen oder hinteren Linsenfläche stecken, dass ihre freien Enden sich rück- oder vorwärts bewegen.

Wenn die Nadel genau die Bewegung des Linsenrandes anzeigen soll, darf sie natürlich nur die Linse an dieser Stelle fassen. Ein solcher Fall ist mehr vom Zufall, wie von der Willkühr des Operateurs abhängig. An einem grossen Windhund glückte jedoch der Versuch vortrefflich. Die sorgfältig gemachte Section des Auges ergab, dass die Nadel zwischen den Spitzen der Ciliarfortsätze lag und kaum $\frac{1}{4}$ Mm. vor dem Linsenrand mit ihrer Spitze ein wenig (beinahe $\frac{1}{2}$ Mm. tief) in die Linsensubstanz eingedrungen war.

Diese Nadel (die übrigens allein eingeführt worden war) hatte vortreffliche Ausschläge im Sinne einer Bewegung des Linsenrandes nach vorne gegeben.

Es ergab sich aus der Länge der Nadel, der Länge des aus dem Auge ragenden Endes und der Grösse seines Ausschlages, dass der Rand $\frac{3}{4}$ Mm. nach vorne gegangen war.

Die Verschmälerung des Querdurchmessers der Linse nachzuweisen kennen wir kein Mittel, aber wir müssen, wie schon erwähnt, aus der anscheinend so regelmässigen Krümmung der Linsenfläche schliessen, dass sie Statt habe.

Die Ciliarfortsätze.

Unsere Bemühungen, die Processus ciliares zu beobachten, glückten insofern nicht ganz, als wir schärfere Bilder wünschen mussten, als die waren, welche bei Beobachtung durch die Scleralücke während der Linsen- und Irisbewegung sich ergaben. Was wir hier sahen, zwang uns, auf absolute Ruhe derselben zu schliessen; auch eine Nadel, die quer durch eine Reihe von ihnen gestossen ward, blieb fast ruhig. Immerhin ist es möglich, ja fast wahrscheinlich, dass beim Hunde eine kleine Verrückung der Spitzen nach vorne bei der Nervenreizung eintrete, aber beobachten konnten wir dies durchaus nicht.

L. Fick*) hat Bewegungen der Ciliarfortsätze bei weissen Kaninchen nachgewiesen, welche eintraten, wenn er die Cornea wegschnitt, die Iris zurückzog und nun die Processus direct reizte. A. Fick hat dies Verhalten bestätigt. Auch wir haben beim Hunde durch directe Reizung des auseinander geschnittenen Auges, Bewegungen in diesen Gebilden gesehen. Jedoch ist es klar, dass aus diesem Experiment nicht über die Vorgänge bei der Linsenbewegung geschlossen werden kann.

Die Beobachtungen von Becker**) stellen dagegen eine Bewegung der Processus nach Wahrnehmungen an albinotischen Menschen allem Anschein nach sicher. Er

---

*) Ueber die Adaption des Auges. Müller's Archiv 1853.

**) Donders Anomalien d. Refraction. Pg. 25.

sah, dass sie beim Nahesehen sich von der Schaxe entfernen.

Es wäre ja vielleicht möglich, dass diese Bewegung durch das Vorrücken der Linse bedingt sei, doch soll der Zusammenhang mit Blutfülle und Leere, den Becker auf Grund von Leber's anatomischen Untersuchungen annimmt, keineswegs in Abrede gestellt werden.

Zonula Zinnii.

Die genaue Beobachtung der Zonula ist gleichfalls sehr schwierig. Das Pigment saugt gerade in ihrer Gegend so intensiv das Licht ein, dass nur derjenige, welcher selbst solche Versuche macht, verstehen wird, wie schwierig es ist, hier klare Bilder zu erlangen. Man muss durch einen Radiärschnitt die Sclera, Ciliarkörper und die Basis der Cornea und Iris spalten, ohne doch den Linsenrand zu verletzen, wenn man alsdann die Processus ciliares fortwischt, gelingt es unter günstigen Umständen, den Bogen der Zonula wahrzunehmen; aber in diesem Falle kann natürlich die normale Spannung derselben nicht erhalten bleiben. Da jedoch die Accommodation noch immer eintritt, wird weiter an den Seiten des Schnittrandes das Verhalten noch einigermassen normal geblieben sein. Wenn man nun einen Glasfaden so in die Wunde bringt, dass der Stützpunct desselben durch den Wund-

rand der Sclera gebildet wird, so lässt es sich mit einiger Sorgsamkeit einrichten, dass in Folge des Uebergewichts des frei hervorragenden Endes, die eingeführte Spitze des Fadens sich gegen die Zonula anstemmt und mit seiner Fläche sie vorwärts drängt. Als jetzt die Accommodation eintrat, wich der äussere Hebelarm nach hinten aus, während an dem Stützpunkt keine Locomotion stattfand. Die Ausschläge sind nicht gross, aber gänzlich unzweifelhaft Da sicher ist, dass der Faden der Zonula anlag und, da durch das Zurückweichen des Irisrandes, ein Ausschlag im entgegengesetzten Sinne hätte eintreten müssen, wenn dies zur Wirksamkeit gekommen wäre, so scheint uns eine Deutung des Experiments nur im Sinne der Theorie von Helmholtz möglich zu sein, nämlich: dass während der Reizung eine Erschlaffung der Zonula sich mache, und dadurch dem Faden gestattet ward, diese Membran nach vorne zu drängen.

Intraocularer Druck.

In unserer vorläufigen Mittheilung wurden auch Versuche über den intraocularen Druck, welche mit dem Manometer angestellt waren, angezeigt Ueber diesen Gegenstand sind mehr oder weniger gleichzeitig auch von anderer Seite, namentlich von Adamück, Grünhagen und Wegner Arbeiten in nahe derselben Richtung veröffentlicht, die mit ausgebildeteren Apparaten ausgeführt wurden.

Wir haben unsere Untersuchungen in dieser Weise nicht weiter fortgeführt, namentlich deshalb, weil die Fehlerquellen, welche durch kleine Verschiebungen des Bulbus oder Manometers entstehen können, im Verhältniss zu den Ausschlägen, die durch die Accommodation bewirkt worden, viel zu gross waren. Wir bezweifeln indessen keineswegs, dass diese Uebelstände durch bessere Apparate durch Curare u. s. w. sich mögen vermeiden lassen, zogen es indessen vor, zu einem anderen Princip zu greifen.

Der Bulbus ward durch eine kleine Messingplatte belastet, welche einen langen Fühlhebel trug. Derselbe war mit einem in der vertikalen Ebene spielenden Charnier verschiebbar an einer starken Nadel befestigt, die hinter dem Bulbus in die Orbitalwand fest eingeschlagen ward. Um nun die Ausschläge der Nadel genau controlliren zu können, ward ein Messingbogen, der eine Scala trug, noch an dieser Nadel befestigt. (Fig. 4.)

Ist der Bulbus nicht vollständig immobilisirt, so durchschneidet man die Augenmuskeln. Bei diesem Apparat können sowohl die Bewegungen des Kopfes, Athembewegungen u. s. w. nicht mehr stören, als auch sind die Schwierigkeiten, welche sich durch die Dickflüssigkeit des Glaskörpers der manometrischen Untersuchung des Bulbus in den Weg stellen, vermieden.

Leider gab dennoch diese Methode keine recht befriedigenden Resultate. Wir constatirten nemlich allerdings dass, sowohl wenn der Bulbus, als auch wenn die Cornea belastet war, der Hebel sich bei der Inner-

vation des Ciliarmuskels hob, ebenso dass die Stelle, welche das Plättchen eindrückte, sich mehr oder weniger ausglich, indessen waren die Ausschläge sehr gering. 1—3 Mm.

Wir mussten daher die Hoffnung aufgeben, in einfacher Weise die mannigfaltigen Fragen zu lösen, welche sich an die Bestimmungen des intraocularen Drucks knüpfen. Immerhin halten wir es für möglich, dass mit besser construirten Apparaten und mit genauerer Regulirung der Belastung durch den Fühlhebel noch etwas zu erreichen sei.

Versuche über die Blutfüllung des Auges führten uns bis jetzt nicht zu genügenden Resultaten.

Gesammteffect der Accommodationsverschiebungen.

Wir würden am besten über den ganzen Vorgang der Accommodation eine definitive Vorstellung erlangen, wenn sich Durchschnitte in Situ vom accommodirten, sowie ruhenden Auge gewinnen liessen. Leider gelang es aber nicht, auch nur von einer dieser Phasen einen Durchschnitt zu erhalten.

Wenn die Linse beim Gefrieren nicht etwa geplatzt ist, bekommt man Bilder, wie sie Fig. 5 wiedergiebt. In dieser ist aber ohne Zweifel die Linse zu weit nach hinten gerückt und die Räumlichkeiten des Auges sind in Folge dessen falsch dargestellt. Wie es kommt, dass durch's Gefrieren eine derartige Veränderung erzeugt wird, ist nicht klar. Wir haben mit Hülfe von

Atropin, wir haben das noch warme oder auch das allmählig kalt gewordene Auge gefrieren lassen, wir haben selbst mittelst einer durch den Opticus eingestossenen Kanüle den intraocularen Druck während des Gefrierens beträchtlich erhöht, aber alle Versuche waren vergeblich, die Linse fand sich stets in unnatürlicher Lage.

Die vorliegende Figur giebt Aufschlüsse über die Verhältnisse der Augenhäute, und hat insofern als Grundlage weiterer Zeichnungen gedient, aber mehr kann sie in der That nicht nützen.

Es ward nun versucht die Accommodation nach den einzelnen uns zu Gebote stehenden Daten zu zeichnen. Da es nicht anging auf optischem Wege das Verhalten der Linse zu eruiren, ward versucht annähernde Maasse durch mechanische Messungen zu erlangen. Bei den Augen eines lebenden Hundes ergab der Längsdurchmesser des Bulbus 20 Mm. Es ward eine Nadel möglichst im Centrum der Cornea bis auf den Linsenscheitel eingeführt und die Länge des hervorragenden Endes gemessen. Aus der bekannten Länge der ganzen Nadel ergab sich für beide Augen übereinstimmend, dass die Linse in der Ruhe 3,6 Mm. hinter der Cornea liege.

Es ward dann die Nadel zurückgezogen, die Ciliarnerven wurden gereizt und während dessen die Nadel von Neuem auf die Linsenfläche gestellt. Jetzt ragte die Nadel um 0,7 — 0,8 Mm. weiter über die Cornea hervor, folglich lag nun der Linsenscheitel 2,8 Mm. hinter der Cornea.

Endlich ward eine dicke Nadel dicht hinter der

Linse in den Glaskörper gestossen und alsdann mit dem hinteren Linsenscheitel in Berührung gebracht. In dieser Richtung ward sie dann ganz durch das auf der Orbitalwand ruhende Auge und noch ein wenig in den Knochen hinein gestossen.

Nun ward die in der Cornea sitzende Nadel durch die Linse bis auf die zweite Nadel vorgeschoben und so geführt, dass sie mit der Spitze gegen dieselbe anstiess. Diese Nadel ragte jetzt 9,8 Mm. tief in's Auge hinein, ziehen wir von dieser Länge die Entfernung der Linse von der Cornea mit 3,6 Mm. ab, so ergiebt sich, dass die Linse 6,2 Mm. dick war. Die Linse nähert sich nun der Cornea um 0,8 Mm. und wölbt sich nach den früheren Angaben um etwa 0,2 Mm. nach hinten vor, ihre Dicke würde demnach bei der Accommodation 7,2 Mm. betragen. Die directe Messung der herausgenommenen Linse ergab 7,1 Mm., welches Maass wohl das richtigere ist, da die angeführten Messungen mit den Nadeln doch höchst unsicher sind. Die Messungen ergaben ferner, dass bei der herausgenommenen Linse die hintere Hälfte 4,3, die vordere 1,8 Mm. dick war. Endlich ergab eine frühere Messung, dass der Linsenrand sich $\frac{3}{4}$ Mm. und die Chorioidea um $\frac{1}{2}$ Mm. nach vorn bewegt.

Mit Hülfe der so gewonnenen Anhaltspunkte ward die Zeichnung Fig. 6 entworfen. Hierbei kommt nun noch die Bedingung zu Hülfe, dass die Volumina der beiden Linsen einander gleich sein müssen.

Es ward auf einer Zeichnung für jede der beiden Linsen und zwar für je die vordere und hintere Hälfte derselben ein Coordinatensystem ausgemessen. Am ein-

fachsten ist es wohl, die Abcissenaxe (hier Schaxe) in jedem Stück in 4 gleiche Theile zu theilen, und die zugehörigen rechtwinkligen Ordinaten zu messen. Es ward bis auf 0,05 Mm. genau gemessen. Die Theilung stimmt nicht genau, es wurden deshalb die richtigen Werthe der Ordinaten interpolirt unter der Annahme, dass bei kleinen Fehlern auch für die Linsenkrümmung die Abcissen sich zu einander verhalten wie die Quadrate der zugehörigen Ordinaten. Es verhält sich also die gefundene Abcisse x_1, zu der nach der Theilung verlangten x, wie das Quadrat der Ordinate y_1, zu dem Quadrat der gesuchten Ordinate y. Hat man auf diese Weise die Ordinaten y_1 bis y_4 gefunden, so berechnet sich der Cubikinhalt nach der Formel,

$$\tfrac{1}{3}\alpha\,(y_0^2 + 4y_1^2 + 2y_2^2 + 4y_3^2 + y_4^2)\pi.$$

wo α den vierten Theil der Abcissenaxe bedeutet und wobei y_0^2 aus der Rechnung fällt, weil sein Werth $= 0$ ist. Die Berechnung der vorliegenden Figur ergiebt für die accommodirte Linse ein Volum von 2027,9 Cub. Mm. für die andere 2031,2 Cub. Mm.

Dieser Unterschied wird auf der Flächenzeichnung kaum merklich sein, so dass die Darstellung jedenfalls möglich und auch wohl einigermassen richtig ist.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, dass beim Hunde die Linse grösser ist und sich stärker bewegt als beim Menschen. Um über das Verhalten der Linse an der Peripherie ganz genauen Aufschluss zu bekommen, wird wohl nur die Beobachtung iridectomirter Hunde mit dem Ophthalmometer übrig bleiben.

Es ist leider die anatomische Kenntniss des Auges noch zu wenig ausgebildet und dadurch wird das Verständniss des Accommodationsvorgangs sehr erschwert. Wir wissen, dass von der embryonalen Retina die Processus ciliares überzogen sind, wo aber später die beiden Blätter der Retina aufhören, ob sie auch noch über die Innenfläche der Iris sich fortsetzen, ist in Wahrheit unbekannt. Damit hängt in gewisser Weise zusammen, dass unser Verständniss der Zonula Zinnii so mangelhaft, der Ursprung und Ansatz der Fasern, aus denen sie besteht, nicht klar ersichtlich ist. Wo genau diejenigen Fasern, welche am weitesten nach vorne liegen, entspringen, wo überhaupt die Grenze, von der aus ein wirksamer Zug auf die Linse geübt wird, zu ziehen ist, wird man in den bezüglichen Werken nicht finden können. Ebenso ist über den Zusammenhang dieser Bildung mit den embryonalen Pupillarhäuten, die doch wohl in einiger Beziehung mit dem Ansatz der Zonula stehen, keine Klarheit zu erlangen. Erst soeben hat Fr. Ed. Schulze*) dargelegt, dass die Zonula sich nur an die Vorderfläche der Linse ansetze.

Endlich ist es bekannt, dass die Faserung der Linse selbst noch nicht genügend klar ist.**)

Wir glauben den Ansichten Henke's in Bezug auf

---

*) Der Ciliarmuskel des Menschen. Schultze's Archiv 67.

**) Die Linsenspalten, welche neuerdings wieder von Becker und M. Schultze (Gräfe's Archiv 67) für normale Bildungen erklärt werden, vermag ich in frischen Linsen vom Meerschwein durchaus nicht aufzufinden und vermisse sie in einer grossen Reihe gut erhärteter embryonaler Linsen durchaus, während in weniger gut erhärteten sich Spalten in Menge finden. H.

den Canalis Petiti folgen zu müssen, der denselben als solchen läugnet, es gehen eine grosse Menge Fasern von dem Ciliarkörper aus an den Rand der Linse, diese Fasern sind höchst locker mit einander verbunden und füllen den Raum des Canalis Petiti ganz aus. Wir müssen die Hypothese machen, dass die Fasern aneinander der Länge nach verschiebbar seien.

Theorie der Accommodation.

Bei der Erklärung des Accommodationsvorgangs muss von der Elasticität der Linse ausgegangen werden. Sehr leicht kann man sich davon überzeugen, dass die elastische Kraft in der Linse strebt, sie hervorzuwölben, es fragt sich aber, wodurch diese Kraft bedingt sei.

In der Linse liegen gekrümmte lange mit Flüssigkeit gefüllte Röhren, welche entweder in dem Linsenstern sich gegen einander stemmen oder mit ihren Enden der vorderen und hinteren Fläche anliegen. Die Form, welche solche Röhren, wenn sie prall mit Flüssigkeit oder mit halbflüssiger, gequollener Masse gefüllt sind, annehmen, ist, vorausgesetzt, dass ihr Ende nicht fixirt ist, eine gerade, gestreckte.

Wenn nun diese Fasern der Tendenz sich zu strecken nachgeben können, muss die Folge sein, dass die Linse an Dicke zunimmt. Mittelbar durch den Zug der Zonula wird nun die Aussenwand jeder Linsenfaser im Verhältniss zum Füllungsgrade zu sehr gespannt;

wenn der Zug aufhört wird sich also das Gleichgewicht wieder herstellen, die Faser wird sich strecken.

Auf diese Weise würde also die Neigung der Linse, sich der Kugelform zu nähern, erklärlich sein, wenn sich beweisen liesse, das wirklich die Linsenfasern stark gegefüllt sind. Nun kann man an der Linse leicht die Beobachtung machen, dass die Linsenfasern eine ausserordentliche Neigung haben, Wasser aufzunehmen. Legt man ein Auge, nachdem man hinten möglichst den Glaskörper mit der Sclera und vorne den grössten Theil der Cornea entfernt hat, auf einer Glasplatte unter das Mikroskop, so erkennt man an der vorderen Fläche nichts von Zellen oder Fasern. Lässt man jetzt einen Tropfen Aqua destillata auf ihre Oberfläche fallen, so wird dieselbe fast momentan wolkig getrübt und gleich darnach treten sowohl die Epithelien hervor, als auch erscheint der Linsenstern als Spalte, weil die Faserenden sich von einander lösen und gegen die Kapsel anpressen. Diese Beobachtung ergiebt, dass die Fasern die Fähigkeit haben, auch durch die Kapsel hindurch rasch Wasser in sich aufzunehmen.

Dass die Fasern, wenn sie direct mit der Salzlösung des Kammerwassers in Berührung kommen, aufquellen, ergiebt dem Praktiker die Beobachtung fast täglich; ja man sieht sogar zuweilen Trübungen in der intacten Linse binnen kurzer Zeit entstehen, wenn die Nachbarflüssigkeiten pathologisch verändert werden. Dies beweist, vereint mit Kunde's Beobachtungen über den Eintritt einer Linsentrübung bei Ueberladung des Körpers mit Kochsalz, dass ein gewisses Gleichgewicht be-

steht zwischen Füllung der Linsenfasern und Concentration der Augenflüssigkeiten. Dass dies Gleichgewicht mit einer straffen Ausfüllung der Linsenkapsel verbunden ist, ergiebt der Augenschein.

Immerhin müssen wir gestehen, dass die Annahme einer starken Füllung der Linsenröhren noch hypothetisch ist, jedoch da diese Frage den Kern des ganzen Accommodationsvorgangs trifft, glaubten wir eine Erklärung versuchen zu dürfen.

Die Tendenz der Linse, sich zu wölben, wird nun überwunden durch die Spannung der Zonula Zinnii, deren Ursprungspunkte von der Linse durch verschiedene Kräfte fern gehalten werden.

1) Durch die Spannung, welche im Glaskörper herrscht. Diese hält die Wand des Bulbus von der Linse entfernt, drängt die Linse nach vorn und wölbt die Zonula in ihrem Verlauf an dem Corp. ciliare.

2) Durch die Elasticität der Choroidea. Diese zieht den hinteren Ansatz nach ihrem Punctum fixum, dem Opticus.

3) Durch die Elasticität des Lig. pectinatum, welches sich an die Basis der Iris inserirt und diese, sowie den damit verbundenen Theil des Corp. ciliare gegen den Rand der Cornea hinzieht. Es bewirkt dadurch eine Spannung in den vorderen Fasern der Zonula, ausserdem bedingt es vielleicht im Verein mit dem Glaskörper den nach vorn convexen Verlauf dieser Membran.

Diese drei Momente vereint bedingen eine Abplattung der Kapsel, welche die Streckung der Linsenfasern verhindert.

Wie man sieht, ist im Wesentlichen die Abplattung der Linse abhängig von dem Füllungszustande des Bulbus, es würde also eine Formänderung schon durch Ab- und Zunahme des Augeninhaltes, selbst abgesehen von der Linsenimbibition, hervorgerufen werden

So würde, wie uns scheint, auch ganz ungezwungen das Auftreten der Presbyopie und Hypermetropie beim Glaucom sieh erklären lassen, wie dies von Donders auch sehon in ähnlicher Weise gesehehen ist.

Wenn der intraoculare Druck steigt, so rüekt, indem die vordere Kammer flacher wird, das ganze Linsensystem naeh vorn, wodurch eine Entfernung der Ansatzpunkte der Zonula Zinnii von einander bedingt wird; hieraus resultirt eine Spannung der Linsenkapsel, die die Entfesselung der Linsenelastieität beeinträchtigt. Es ist ersichtlich, wie in einem sonst emmetropischen Auge auf diese Weise geringe Grade von Hypermetropie entstehen müssen, da bei ruhender Aeeommodation die Spannung der Zonula das physiologische Maass übersehreitet. Wir wollen nieht bestreiten, dass dabei die Abplattung der Cornea zugleich wirksam sein mag.

Einige Experimente, die in dieser Richtung gemacht wurden, scheinen unsere Ansicht zu bestätigen.

Von einem Schwein wurden zwei Augen genommen, in dem einen wurde der grössere Theil des Kammerwassers abgelassen und dasselbe unter einen höheren Druck gesetzt. Liess man nun beide in einer Eismischung gefrieren und machte dann Durchschnitte, so fand sich in dem punktirten und unter höherer Spannung stehenden Auge, der Dickendurchmesser der Linse

kleiner, der 2. Durchmesser (Längsdurchmesser) etwas grösser, als in dem intacten Auge. In 15 Versuchen dieser Art, die wir anstellten, ergaben 14 das genannte Resultat, nur einmal wurden die Durchmesser der Linse gleich gefunden. Dasselbe Verhalten fanden wir in einer anderen Versuchsreihe, in der wir an dem einen Auge nur etwas Kammerwasser abgelassen hatten. Im Durchschnitt betrug die Differenz der Linsendurchmesser 1 Mm.

Diese Art der Formveränderung dürfte jedoch physiologisch nicht zur Wirksamkeit kommen, sondern wir haben hier im Ciliarmuskel ein Organ, welches bestimmt ist in eigenthümlicher Weise der Elasticität der Linse zu Hülfe zu kommen.

Die Richtung der Muskelfasern ist, wie bekannt, beim Menschen eine mannichfaltige, beim Hunde scheint jedoch nur eine Längsfaserung vorhanden zu sein; diese berücksichtigen wir daher allein.

Unsere Untersuchungen ergaben nun, dass der Muskel sowohl die Chorioidea zu sich heranzieht, als auch das Lig. pectinatum, in welches wenigstens ein Theil seiner Fasern hineingeht, anspannt. Dadurch, dass die Chorioidea und Retina nach vorne rücken, wird der Ursprung der Zonula Zinnii ebenfalls um etwas der Linse genähert, gleichzeitig wird der Glaskörper unter einen höheren Druck gesetzt. Ferner war bis dahin die Iris durch das Lig. pectinatum gegen die Cornea herangezogen; dieser Zug wird durch die Wirkung des Muskels geschwächt. Da nun an der Basis der Iris schon Fasern der Zonula entspringen, kann jetzt mit grösserer

Leichtigkeit als vorher der Ursprungspunkt derselben an die Linse herangezogen werden.

Auf solche Weise wird die Elasticität der Linse entfesselt und zu gleicher Zeit durch das Zurückweichen der Iris der Druck in der vorderen Kammer momentan herabgesetzt.*)

Da nun im Glaskörper die Spannung vermehrt ist, erfolgt nicht nur eine Wölbung der Linse, sondern zugleich rückt sie etwas nach vorne und füllt so indirect die Lücke, welche zwischen den Fasern des Lig. pectinatum entstanden ist, aus. Der Raum für den Glaskörper wird dabei natürlich entsprechend vergrössert. Uebrigens werden alle Fragen über die Raumverhältnisse sich am einfachsten durch eine Betrachtung unserer Figur erledigen.

Irregulärer Linsen-Astigmatismus.

Die Art der Accommodation, wie wir sie eben geschildert haben, hat in Bezug auf die regelmässige Form der Linse wenigstens den Vortheil, dass unmittelbar nur der Druck von Flüssigkeiten auf die Linse selbst wirkt, sowie die Spannung der Zonula bedingt, so dass nicht leicht locale Unregelmässigkeiten der Form entstehen können. Anders gestaltet sich jedoch die Sache in Bezug auf

*) Diese Herabsetzung könnte vielleicht theilweise die Irisbewegung bei der Accommodation erklären, da das Uebergewicht des Blutdrucks während derselben die Pupille verengern könnte. H.

die innere Structur der Linse, namentlich auf den Linsenstern.

Da wir durch Donders definitiv wissen, dass der Linsenstern die Strahlenfiguren leuchtender Punkte erzeugt, versuchte ich (H.), den Gegenstand näher zu prüfen.

Die bisherigen Untersuchungen dieser Strahlenfiguren sind wohl kaum unter günstigen Umständen angestellt.

Wenn man durch einen runden Nadelstich in geschwärztem Staniolpapier Licht in's Auge fallen lässt, nachdem darüber ein gutes und nicht zu schwaches Objectivsystem eines Mikroskopes gestellt worden ist, bekommt man Strahlenfiguren von wunderbarer Schönheit und Schärfe. Die zierlichsten Verpflechtungen feuriger Strahlen treten auf, wenn man auf diese Weise punktirte Kreuze oder ähnliche Figuren betrachtet. Die mir zur Kunde gekommenen Beobachtungsmethoden geben nicht entfernt so deutliche Figuren.

Wenn man nun von einem frischen Auge hinten die Häute fortnimmt, es alsdann auf diese Seite in einen kleinen, passend ausgehöhlten Trog legt, der unten eine Oeffnung hat, die durch ein aufgeklebtes Deckglas verschlossen ist, und nun die Cornea fortschneidet, giebt die Linse sehr scharfe und klare Bilder. Sie bleibt dabei Stunden lang ungetrübt. Bei einer passenden Einrichtung kann man nun mit etwa 100× Vergrösserung die Beobachtungen anstellen. Vorher sei noch erwähnt, dass an der vorderen Linsenfläche gewöhnlich die Linsenfasern nicht und der Linsenstern selten kenntlich ist, an der hintern Fläche sieht man dagegen Beides leicht und deutlich.

Wenn man nun nach der oben angegebenen Methode vor der Linse das Bild eines Lichtpunktes erzeugt, so zeigt die mikroskopische Beobachtung des von der Linse entworfenen Bildes ganz ähnliche Radiationsfiguren, wie man sie im eignen Auge wahrzunehmen pflegt. Man muss zwei Arten von Strahlen unterscheiden. Wenn der Objectpunkt nur schwach leuchtet, bildet sich eine lichte, dreistrahlige Sternfigur mit dicken Radien und einzelnen Nebenstrahlen, leuchtet er dagegen intensiv, so bedeckt sich das ganze Gesichtsfeld mit vielen streng radiärgerichteten, haarfeinen Strahlen, neben denen die erste Strahlenfigur unverändert bestehen bleibt. Die haarfeinen Strahlen scheinen von der convexen Wand der einzelnen Linsenfasern reflectirt zu sein und haben kein Interesse.

Die Entstehung der gröberen Strahlen hängt, wie namentlich Donders (l c. Pg. 459) mit Sicherheit nachgewiesen hat, mit dem Linsenstern (der an jedem lebenden Auge bei schiefem Licht erkannt werden kann) zusammen, Wie sie aber entstehen, ist nicht klar ersichtlich, da ihre scharfen Strahlen doch wohl nicht aus dem Astigmatismus der einzelnen Linsensectoren erklärt werden können.

Man könnte diese Strahlen so entstanden denken, dass durch die Scheidewand der Sectoren, der Linsenstern, der sich bekanntlich bei seinem Durchgang durch die Linse um 60° dreht, das Licht von der einen Hälfte des Linsensectors abgehalten und in die andere reflectirt werde. Diese Erklärung ist aber unmöglich, 1) weil die Strahlen viel zu fein und scharf sind, 2) weil die

Structur der Linse nicht mit dieser Annahme stimmt. Man kann nemlich nicht die Linse so zerlegen, dass die Continuität des vorderen und hinteren Sterns sich darstellt, sondern es bleibt in der Mitte eine beträchtliche Strecke, durch welche hindurch der Stern sich nicht verfolgen lässt. Versucht man mit dem Mikroskop den vorderen Strahl zum hinteren hin zu verfolgen, so zeigt sich, dass allerdings die Scheidewand sich im Sinne einer Drehung des Strahls verschiebt, aber diese Verschiebung ist nicht stark genug, um wirklich auf den hinteren Stern zu führen, sondern würde nur einer Drehung um etwa 30° entsprechen. So wenigstens fand es sich beim Meerschweinchen und zwar gegen Erwarten und Wunsch des Beobachters.

Dies Verhalten führte nun zu der Ansicht, dass, wie die Fig. 7 A. darlegen soll*), ein Theil des einfallenden Lichts an der vorderen Scheidewand reflectirt werde, die hintere Scheidewand b. treffe und nachdem er hier nochmals reflectirt ist, die Linse verlasse. Solche Strahlen haben einen etwas längeren Verlauf, wie andere die Linse durchsetzenden Strahlen und müssen sich daher früher vereinigen. Andererseits werden sie durch die Lage der Spiegel ein wenig nach aussen abgelenkt. Die Strahlen werden schliesslich in den Lichtbezirk des Linsensectors a b. fallen und daher wird die Netzhaut hier stärker erregt werden. So scheint die Entstehung des leuchtenden Sterns erklärbar zu sein.

Es steht nun zu erwarten, dass bei der Accommo-

*) Man sehe die Erklärung d. Fig. 7.

dation sich die Lage der Scheidewände zu einander und somit auch die Form des Sternbildes sich ändern müsse.

Es ergab sich jedoch, dass zu eingehender Untersuchung dieser Verhältnisse das Auge durchaus den Wirkungen des Atropin und Calabar-Giftes ausgesetzt werden müsse, was leider für mich nicht zulässig war. Die ohne diese Mittel angestellte Untersuchung ergab, dass bei geringem Zerstreuungskreis das Bild Fig. 7 B. sich nicht merklich für Ruhe und Accommodation zu ändern schien, bei stärkerem Zerstreuungskreis findet man bei accommodirtem Auge zahlreichere Nebenstrahlen wie bei dem ruhenden.

Frühere Untersuchungen auf diesem Gebiet.

Von den früheren Arbeiten fallen nur wenige in unser Gebiet. Vor allem ist hier eine unter Ludwigs Leitung angestellte Untersuchung von C. Weber*) zu erwähnen. Es ward vermittelst eines sehr zierlichen von Kramer l. c. gezeichneten Apparats eine Canüle in den Wundrand einer Corneaöffnung befestigt, dieselbe mit Wasser gefüllt und durch sie ein Fühlhebel an die Linse gelegt. Directe Reizung des Auges ergab kleine Ausschläge des Fühlhebels im Sinne einer Bewegung der Linse nach vorn. Wahrscheinlich würde der Apparat

---

*) Nonnullae disquisitiones, quae ad facultatem oculum rebus propinquis adcommodandi spectant. Marburgi 1850.

bei Reizung der Ciliarnerven noch vollständigere Resultate gegeben haben

Eine zweite Arbeit ist erst neuerdings von Trautvetter*) erschienen.

Bei seiner Arbeit hat er die Absicht, den Nerv der Accommodation zu bestimmen. Bei Hunden, Katzen und Kaninchen blieben seine Untersuchuugen ziemlich resultatlos, doch an Vögeln, Tauben und Hühnern gelang es ihm deutlich nachzuweisen, dass der Oculomotorius der Accommodationsnerv sei; er sah bei Reizung desselben die Spiegelbilder der Linse zu einander sich verschieben, sah aber auch ausserdem, wie bei der Reizung dieses Nerven die Vorderfläche der Linse sich vorwölbte. Er kommt schliesslich zu dem Resultat, dass der Oculomotorius der Accommodationsnerv und der Musculus ciliaris der Accommodationsmuskel sei.

---

*) Gräfe's Archiv. Bd. XII. Abth. I.

Druck von C. F. Mohr in Kiel.

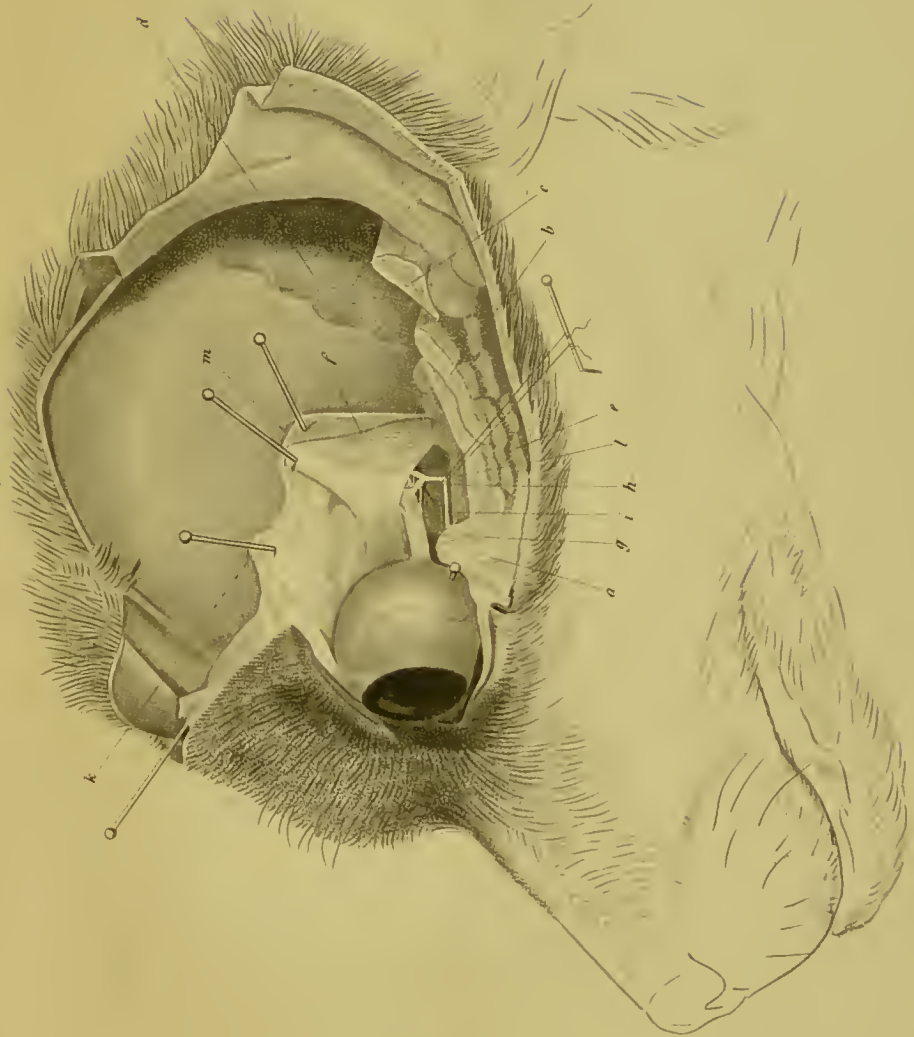
Figuren-Erklärung.

Taf. I.

Fig. 1. Kopf eines Pintschers, nat. Grösse; präparirt wi es der Gang der Operation mit sich bringt. a. Jochbein b. Schnittfläche des Proc. coronoides vom Unterkiefe c. Processus zygomaticus oss. temporum, d. Rest des Muscu temporalis, e. Schnittfläche des Masseter, f. Rectus externu von seiner Insertion am Bulbus losgelösst und zurück geschlagen, g. N. Opticus, h. Ganglion ciliare, i. Ast des Ocul motorius zum Obliquus inferior, k. Ligamentum orbitale, zurück geschlagen, l. Pterygoideus internus, m. Fascia orbitalis. Vo dem Ciliarganglion h. gehen nach vorn 3 Ciliarnerven, dere oberster durch das zurückgeschlagene Bindegewebe etwas abnor verläuft, nach hinten geht ab der Stamm des N. Oculomotorius

Fig. 2. Augenkegel eines ähnlichen Hundes, genauer prä parirt. a. Schnittfläche des Jochbeins, b. Fissura orbitalis superio c. Foramen rotundum, d. Musculus rectus externus, e. M. rectu inferior, f. M. rectus internus, g. M. rectus superior, h. M. obliqu inferior, i. N. infraorbitalis, k. N. abducens, l. N. trochlearis m. R. frontalis d. Trigeminus, n. R. ethmoidalis, o. R. ciliare N. trigemini, p. ein sehr feiner inconstanter Ciliarast, wahr scheinlich Sympathicus, q. N. oculomotorius, r. R. superio N. oculomotorii, s. Muskelast zum R. internus, t. Ganglio ciliare, u. Muskeläste zum R. inferior, v. Ast zum Obliquus in ferior, w. N. subcutaneus malae aus dem 2ten Ast des Trigeminu zurückgeschlagen.

1.



2.

Taf. II.

Fig. 3. Verzerrung der Pupille, welche in Folge einer Verletzung des Bulbus entstanden.

Fig. 4. A. Fühlhebel zur Bestimmung der Druckveränderungen im Bulbus. B. Ansicht der Platte des Hebels.

Fig. 5. Durchschnitt des frischen gefrorenen Auges eines jungen Jagdhundes.

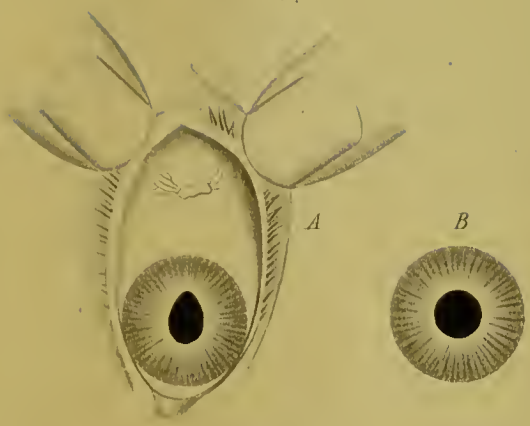
Fig. 6. Schema der Accommodations-Veränderungen im Innern des Auges. Roth: der Accommodationszustand.

Fig. 7. Schema der Linse, von vorne gesehen gedacht, d. Scheidewand des vorderen, b. die des hintern Linsensterns, c. eintretende, c′ austretende Lichtstrahlen.

Hier ist zu bemerken, dass genau genommen, die Scheidewände die Krümmung der Linsenfläche hätten wiedergeben sollen, und dass ferner der ein- und austretende Strahl bei correcter Zeichnung in den zugehörigen Abschnitt hätten eingezeichnet werden müssen, jedoch würden diese Correctionen ohne erheblichen Nutzen gewesen sein und würden die Zeichnung unverständlicher gemacht haben.

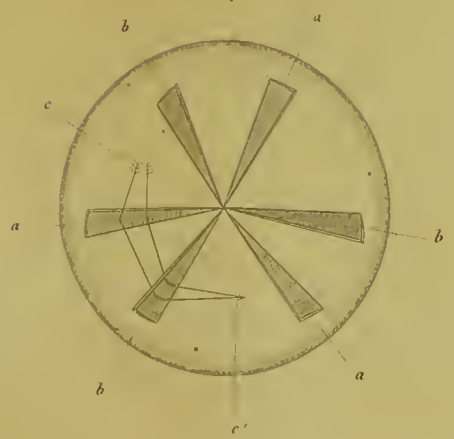
Fig. 8. Strahlenfigur eines feinen, leuchtenden Punctes. a. bei geringem Zerstreuungskreis, b. bei stärkerem Zerstreuungskreis und ruhendem Auge, c. unter denselben Bedingungen, aber bei accommodirtem Auge.

3.



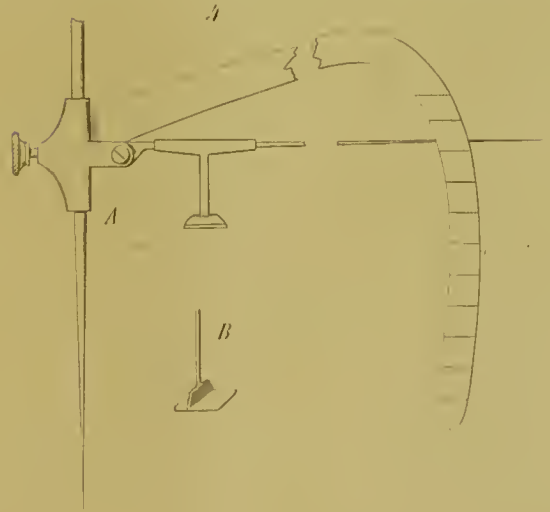
5.

7.



6.

4



8.